

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta Elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky

Testování viditelnosti chodců na polygonu
Pedestrian visibility testing on a polygon

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student:

Michal Patala

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907R001 Elektroenergetika

Téma:

Testování viditelností chodců na polygonu
Pedestrian visibility testing on a polygon

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

- Popis svítidel osvětlovacích soustav používaných na komunikacích
- Vliv osvětlovacích soustav na viditelnost chodců (překážek)
- Chování řidičů při spatření překážky
- Ovlivňování viditelnosti chodců a překážek počasím
- Měření a vyhodnocování přírůstku světelných parametrů světlometů osobních aut na osvětlené komunikaci
- Vyhodnocení jasových poměrů překážek za účelem zjištění viditelnosti na komunikacích v předem vymezeném poli

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [2] Habel, J.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013
- [3] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- [4] Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci, Ministerstvo vnitra ČR, 2018, pracovní verze

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne: 30. května 2019


.....

Podpis studenta

Rád bych tímto poděkoval **prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc.** za odbornou pomoc, při vytváření této bakalářské práce a trpělivost při konzultacích.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se v teoretické části nejprve zabývá popisem světelných zdrojů používaných na veřejných komunikacích a jejich parametry. V další kapitole je rozebráno, jakým způsobem reaguje řidič na spatření překážky na komunikaci a kdy je schopen zastavit vozidlo. Poslední část je věnována vlivům počasí, které komplikují bezpečnost na komunikaci a jaké jsou způsoby pro zlepšení viditelnosti chodců při těchto vlivech. Praktická část se zabývá vyhodnocením hodnot vertikální osvětlenosti vozidel s různými druhy světlometů (LED, xenon, halogen), které byly naměřeny na testovacím polygonu v Ostravě a následné vyhodnocení jasových poměrů pro zjištění viditelnosti chodců na komunikaci. Tato měření probíhala na komunikaci bez veřejného osvětlení a také na komunikaci s veřejným osvětlením.

klíčová slova: Řidič, chodec, veřejné osvětlení, svítidla, světlomety, komunikace, polygon, automobil, jas, osvětlenost, viditelnost.

Abstract

This bachelor thesis consists of theoretical and practical part. The theoretical part itself is divided into three chapters. The first chapter focuses on the lighting sources and their specifications, which are used on public communications. Next chapter analyses, driver's reaction after coming across an obstacle and the time he is able to stop the vehicle. The last chapter is dedicated to the weather effects that complicates the safety on communications and what are the ways of improving pedestrian's visibility in such effects. Practical part deals with evaluating the cars vertical luminance values using different lights (LED, Xenon, Halogen) that we measured on testing polygon in Ostrava. Afterwards we evaluated the brightness ratio so we could measure the visibility of pedestrians on communication. Those measuring took place on both the communication without public lighting and one with public lighting.

Key words: driver, pedestrian, public lightning, luminaires, headlights, communication, polygon, car, brightness, illuminance, visibility.

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Seznam tabulek.....	10
1. Úvod.....	11
2. Svítidla používaná na komunikacích	12
2.1 Světelné záření	12
2.2 Základní světelné veličiny:.....	12
2.3 Světelné zdroje:	16
2.4 Svítidlo použité při praktické části na Polygonu v Ostravě.	18
3 Chování řidičů při spatření překážky	19
3.1 Reakční doba	19
3.2 Zorné pole člověka (řidiče)	21
3.3 Zajímavý podnět.....	23
4. Vlivy počasí na viditelnost chodců na komunikacích.....	24
4.1 Vlivy počasí	25
4.2 Prvky pro zlepšení viditelnosti chodců	26
5. Měření a vyhodnocení přírůstku světlometů osobních aut na osvětlené komunikaci.....	28
5.1 Měření vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světlometů vozidla za tmy	30
5.2 Měření vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světlometů auta při VO	31
5.3 Měření vertikální osvětlenosti tlumených LED světlometů vozidla za tmy	32
5.4 Měření vertikální osvětlenosti tlumených LED světlometů vozidla při VO.....	33
5.5 Měření vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světlometů vozidla za tmy	34
5.6 Měření vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světlometů vozidla při VO	35
6. Vyhodnocení jasových poměrů viditelnosti překážek za účelem zjištění viditelnosti na komunikaci s předem vymezeném poli.....	36
6.1 Kontrast překážky osvětlované tlumenými xenonovými světly vůči pozadí za tmy	37
6.2 Kontrast překážky osvětlované tlumenými xenonovými světly vůči pozadí za VO	38
6.3 Kontrast překážky osvětlované tlumenými LED světly vůči pozadí za tmy.....	39
6.4 Kontrast překážky osvětlované tlumenými LED světly vůči pozadí při VO	40
6.5 Kontrast překážky osvětlované tlumenými halogenovými světly vůči pozadí za tmy.....	41
6.6 Kontrast překážky osvětlované tlumenými halogenovými světly vůči pozadí při VO	42

7. Závěr.....	43
Literatura:	44
Seznam příloh	46

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozložení barev viditelného světla [16]	12
Obrázek 2: Definice jasu [1]	13
Obrázek 3: Stanovení prostorového úhlu [1]	14
Obrázek 4: Vysokotlaká sodíková výbojka a příklad spektra [1].....	16
Obrázek 5: Halogenidové výbojky a její spektrum [1]	16
Obrázek 6: Svítidla na polygonu v Ostravě.....	18
Obrázek 7: Blokové schéma řidiče s technickým prostředkem [4].....	19
Obrázek 8: Zorné pole člověka v horizontální rovině [17]	21
Obrázek 9: Rozložení zrakového pole [4].....	22
Obrázek 10: Pohled z vozidla při sněhové vrstvě [12].....	25
Obrázek 11: Rozdíl mezi klasickou a fluorescenční značkou [13]	27
Obrázek 12: Odraz reflexní vesty [13].....	27
Obrázek 13: Vertikální měření osvětlenosti s použitím luxmetru [18]	28
Obrázek 14: Umístění použitých přípravků na komunikaci.....	28
Obrázek 15: Mapa měřeného úseku na polygonu v Ostravě [19].....	29
Obrázek 16: Graf vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světel za tmy	30
Obrázek 17: Graf vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světel při VO.....	30
Obrázek 18: Graf vertikální osvětlenosti tlumených LED světel za tmy.....	32
Obrázek 19: Graf vertikální osvětlenosti tlumených LED světel při VO	33
Obrázek 20: Graf vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světel za tmy	34
Obrázek 21: Graf vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světel při VO.....	35
Obrázek 22: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými xenonovými světly za tmy.....	37
Obrázek 23: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými xenonovými světly při VO	38
Obrázek 24: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými LED světly za tmy	39
Obrázek 25: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými LED světly při VO	40
Obrázek 26: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými halogenovými světly za tmy	41
Obrázek 27: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými halogenovými světly při VO	42

Seznam použitých zkratk a symbolů

CIE - Mezinárodní komisi pro osvětlování

LED - Light Emitting Dioda (elektroluminiscenční dioda,)

UV - Ultrafialové záření

VO - Veřejné osvětlení.

Seznam tabulek

1. Svítidlo použité při praktické části na polygonu v Ostravě.....	18
2. Reakční časy řidičů za dne a v noci [4].....	20
3. Rozdělení jednotlivých částí sítnice [4]	22
4. Vlivy počasí na potřebný čas k zastavení vozidla [15]	26

1. Úvod

Téma této práce je testování viditelnosti chodců. Tato problematika je velmi podstatná, protože na komunikacích dochází ročně k tisícům nehod a některé z nich končí tragicky. Proto je potřeba dbát na zvyšování bezpečnosti chodců, abychom těmto nešťastným nehodám předcházeli. Pro zvýšení bezpečnosti na komunikacích se zřizuje veřejné osvětlení, které slouží k lepší viditelnosti chodců v nočních hodinách a vypomáhá světlometům aut. Stavba veřejného osvětlení musí být navržena a vybudována správně, jelikož při špatném provedení může být kontraproduktivní a může se stát nebezpečným prvkem při výhledu řidiče z vozidla.

V první části je pozornost věnována světelným zdrojům používaných na komunikacích. V České republice je nejčastěji používaným světelným zdrojem pro veřejné osvětlení vysokotlaká sodíková výbojka. V současné době jsou kvůli rychlému vývoji LED zdrojů, které vykazují lepší parametry nahrazovány.

V další kapitole je rozebrána činnost zrakového orgánu, která je nejdůležitější částí při řízení automobilu. Tento orgán nám poskytuje informace, které jsou při řízení automobilu pro nás důležité i pro naši bezpečnost, ale také pro bezpečnost ostatních účastníků provozu, které bychom mohli nedopatřením zranit.

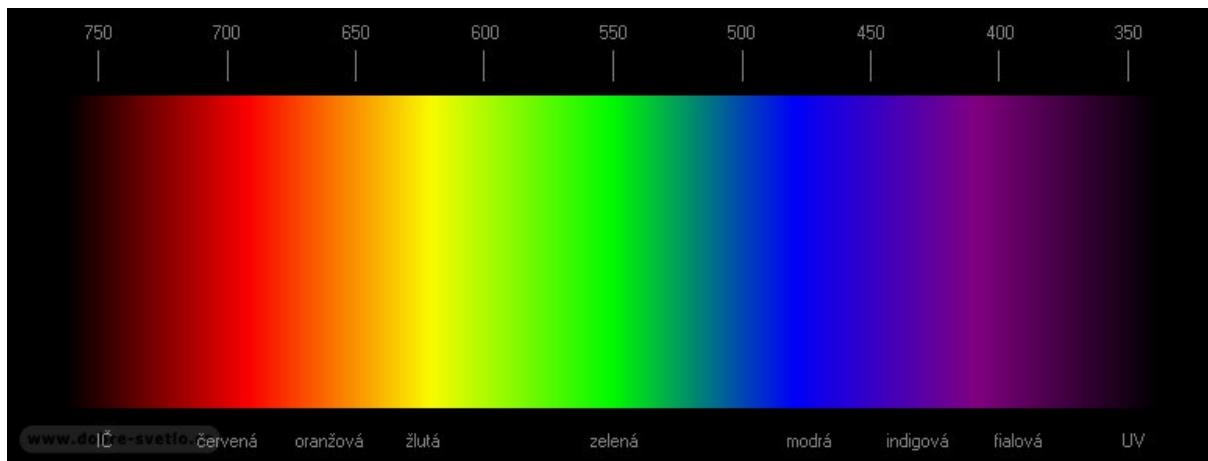
Poslední kapitola teoretické části se zaměřuje na vlivy počasí, které ovlivňují viditelnost chodců. Všechny druhy počasí (mlha, déšť, sníh) mají jiné vlastnosti a znesnadňují řízení vozidla jiným způsobem. Musíme brát taky v potaz, že přilnavost vozidla s vozovkou se mění podle počasí, tím se mění délka brzdné dráhy vozidla pro zastavení. Pro zvýšení viditelnosti chodců, lze použít reflexní prostředky, které nám při osvětlení ze světlometů aut dokážou zajistit, že řidič spatří překážku dříve než bez jejich použití.

První polovina praktické části je zaměřena na vyhodnocení přírůstku světlometů automobilu. Měření probíhalo na testovacím polygonu v Ostravě se třemi automobily, které měli světlomety (LED, Xenon, Halogen). Nejprve je změřena vertikální osvětlenost všech světlometů na komunikaci bez veřejného osvětlení a následně se měření opakuje na stejné komunikaci, ale se zapnutým veřejným osvětlením. V druhé polovině je vyhodnocení jasových poměrů překážek, z kterých lze zjistit jejich viditelnost na komunikacích. Toto vyhodnocení je rovněž provedeno na komunikaci se zapnutým i vypnutým veřejným osvětlením.

2. Svítidla používaná na komunikacích

2.1 Světelné záření

Světlo se pohybuje jako elektromagnetické záření, které nám vyvolává pomocí zrakového orgánu zrakový vjem. Světelné záření můžeme charakterizovat pomocí vlnové délky nebo frekvence. Viditelné záření je v rozmezí vlnové délky $\lambda = 380 \div 780$ nm. Viditelné záření v kratších vlnových délkách navazuje na ultrafialové záření a v delších vlnových délkách na infračervené záření. [1]



Obrázek 1: Rozložení barev viditelného světla [16]

Vznik světla v elektrických světelných zařízeních:

1. Inkandescence-zahřátí pevné látky na vysokou teplotu vzniká tepelné buzení. (Halogenové žárovky)
2. V elektrickém výboji dojde k vybuzení atomu. (Vysokotlaké výbojové zdroje)
3. Luminiscence v pevných látkách-fotoluminiscence: Přeměna záření z krátké vlnové délky na delší vlnovou délku. (použití luminoforu-povlak nanesený na vnitřní povrch baňky)
4. Průchodem proudu polovodičem, dojde k emisi fotonu. (LED zdroje) [1]

2.2 Základní světelné veličiny:

Při popisu světelného záření a jeho parametrů, musíme používat fyzikální veličiny a jednotky, které jsou shodné pro celý svět. Světelné veličiny jsou sjednoceny podle komise CIE. [1]

Světelný tok

Světelný tok Φ prezentuje hodnotu světelné energie zdroje vyzářenou do svého nejbližšího okolí. Světelný tok se vyjadřuje v lumenech (lm). [1]

Svítivost

Svítivost I , udává velikost světelného záření do prostoru. Hodnota nám vyjadřuje, kolik světelného toku zdroj dokáže vyzářit v prostorovém úhlu do daného směru. Jednotku svítivosti prezentuje kandela (cd). Kandela je jedna ze základních fyzikálních jednotek SI soustavy. Svítivost je daná vztahem:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (1)$$

$d\Phi$ = hodnota světelného toku (lm)

$d\Omega$ = prostorový úhel, do kterého vyzařuje světelná tok (sr). [1]

Osvětlenost

Osvětlenost, nebo také jinak řečeno intenzita osvětlení E . Velikost světelného toku $d\Phi$, která dopadá na jednotkovou plochu dA . Osvětlenost má jednotku lux (lx). Osvětlenost určujeme vztahem:

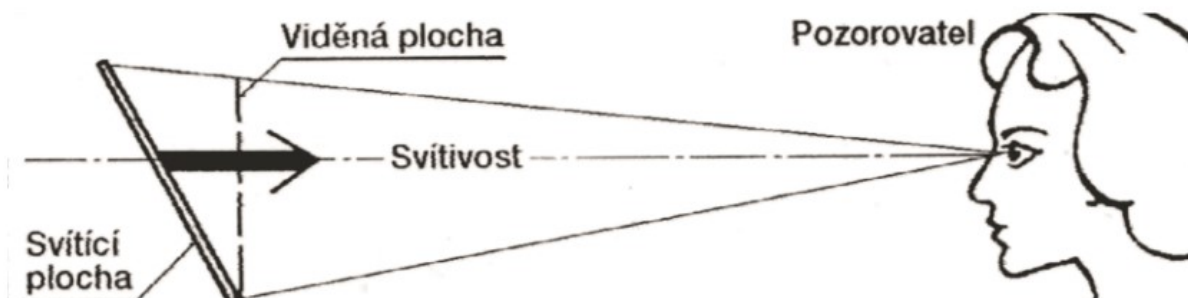
$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (2)$$

$d\Phi$ = hodnota světelného toku (lm)

dA = jednotková plocha (m^2) [1]

Jas

Jas je definovaný jako měrná svítivost L . Jednotkou jasů se uvádí ($cd \cdot m^{-2}$). Na tuto veličinu zrakový orgán přímo reaguje. Zrakový orgán (oko) zareaguje na kontrast jasů. Jas je dán prostorovou a plošnou hustotou světelného toku. Záleží na poloze pozorovatele a směru pohledu a nezáleží, jestli je svazek paprsků vyzařován přímo ze zdroje nebo je odražen. [1]



Obrázek 2: Definice jasů [1]

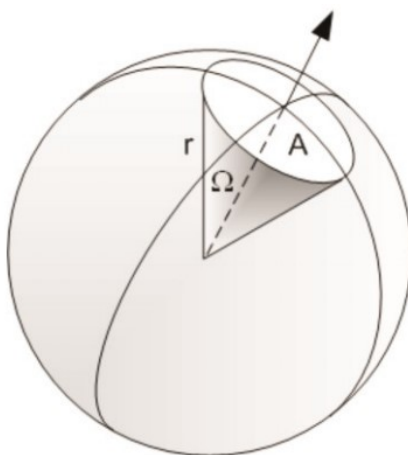
Prostorový úhel

Důležitá geometrická veličina, používaná pro výpočty ve světelné technice je prostorový úhel. Jednotku prostorového úhlu představuje steradián (sr). Vymezuje prostor, který je znázorněn kuželovou plochou, která na kouli o poloměru r (m) vytvoří plochu A (m^2). Vrchol kužele je umístěn ve středu koule. Maximální hodnota prostorového úhlu je při ploše $A = 4\pi r^2$. Hodnotu velikosti prostorového úhlu, při kterém dokážeme spatřit ze středu koule plochu A , lze stanovit z tohoto vztahu: [1]

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (3)$$

A = plocha tvořena kuželem, který prezentuje daný prostorový úhel (m^2)

r = poloměr koule (m)



Obrázek 3: Stanovení prostorového úhlu [1]

Měrný výkon

Měrný výkon je poměr vyzářeného světelného toku Φ (lm) a elektrického příkonu svítidla P (W). Poskytuje hodnocení a porovnání energetické náročnosti svítidel a je v porovnání s provozní účinností svítidla více objektivní, kvůli zahrnující hodnotě elektrického příkonu. Maximální vypočítaná hodnota pro fotonické vidění dosahuje $683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Jednotku měrného výkonu představuje $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Měrný výkon určíme vztahem: [1] [2]

$$\eta_p = \frac{\Phi}{P} \quad (4)$$

Φ = hodnota světelného toku (lm)

P = hodnota elektrického příkonu (W)

Náhradní teplota chromatičnosti

Teplotu chromatičnosti značíme T_C a jednotka je Kelvin (K). Popisuje barevné vlastnosti světla. Rozdělujeme tři základní kategorie barev světla na teplotě chromatičnosti.:

teple bílý tón-méně než 3 300 K

neutrálně bílý tón-od 3 300 do 5 300 K

chladně bílý tón-nad 5 300 K. [3]

Všeobecný Index podání barev

Index podání barev značíme R_a a udává se ve stupnici 0–100. Čím vyšší hodnota indexu, tím lepší je podání barev. V přírodním denním světle $R_a = 100$, vnímáme barvy nejvěrněji. V indexu podání barev $R_a = 0$ (nizkotlaká sodíková výbojka) se barvy nedají rozlišit. V dnešní době se požaduje při osvětlení interiéru index podání barev $R_a > 80$. [2]

Životnost světelného zdroje

Životnost světelného zdroje se udává v hodinách a říká nám, jak dlouhou dobu dokáže světelný zdroj hospodárně svítit. U žárovek je životnost určena přepálením vlákna, ale například u LED zdrojů tato definice nestačí, protože dochází během života ke snížení světelného toku a po určitém čase zdroj svítí neekonomicky a je třeba jej vyměnit. Rozlišujeme tedy dvě definice životnosti.

Průměrná životnost-Doba, při které bude svítit jen polovina z instalovaných světelných zdrojů. Což znamená, že 50 % zdrojů je zcela nefunkčních.

Užitečná životnost-Doba, při které dochází k postupnému poklesu světelného toku světelného zdroje. Konec užitečné funkčnosti nastane, když světelný tok dosáhne 80 % počáteční hodnoty světelného toku zdroje. [1]

2.3 Světelné zdroje:

Vysokotlaké sodíkové výbojky

Výboj v párách sodíkové výbojky se projevuje intenzivním rezonančním dubletem. Při snižování objemu výbojového prostoru výbojky se zvyšuje tlak par sodíku a kolem 27kPa dosahuje svého maxima. Měrný výkon může dosáhnout v závislosti na ostatních parametrech až $150 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Výbojový prostor je vyroben z polykrystalického nebo monokrystalického oxidu hlinitého. Index podání barev se pohybuje u tohoto zdroje přibližně $R_a = 25$. Pro veřejné osvětlení se používá výbojka s nízkým příkonem pro obce 50-70 W a ve městech do 150 W. Výbojka nelze ihned opětovně zapnout (teplý znovu zápal), musíme počkat až vychladne. Na daný jmenovitý světelný tok nabíhá až po 5 minutách a venkovní teplota nemá vliv na světelný tok. Výbojky mohou dosáhnout životnosti až 30 000 hodin. Životnost je dána rostoucím napětím na výboji, při překročení určitého poměru tohoto napětí k napájecímu napětí sítě výboj zhasne. Po vychladnutí výbojky lze opětovně zapnout ale zhasnutí se po překročení poměru znova opakuje. Toto zhasínání je příznak konce životnosti výbojky. [1] [2]



Obrázek 4: Vysokotlaká sodíková výbojka a příklad spektra [1]

Halogenidové výbojky

V halogenidových výbojkách vzniká viditelné záření v parách rtuti, ale především zářením halogenidů (90 % záření). Sloučením halových prvků například s galiem, thaliem nebo sodíkem. Halogenidové výbojky potřebují k zapálení zapalovač. Index podání barev dosahuje hodnot až $R_a = 90$ a měrný výkon se dostává k $130 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Halogenidové výbojky dokážou pracovat při venkovní teplotě – 20 až 60 °C a životnosti až 15 000 hodin. Výkony se pohybují od 35 W do 3 500 W a na jmenovité hodnoty nabíhá za 10 min podle provedení. [1],[2]



Obrázek 5: Halogenidové výbojky a její spektrum [1]

Halogenové žárovky

Halogenové žárovky jsou plněné plynem s příměsí halogenů (jod, brom, xenon). Klasická žárovka ztrácí ze zahřátého vlákna wolfram, který se následně usazuje na stěnách baňky, což způsobí menší propustnost světla. Baňka halogenové žárovky oproti klasickým žárovkám nečernají. Žárovka se vlivem odpařování wolframu v kritické hodnotě přepálí a způsobí nefunkčnost žárovky. Vypařování wolframu se zpomaluje tlakem náplně plnicího plynu a halogenovým cyklem. Vypařený wolfram se sloučí s halogeny a sloučenina se vlivem tepelného pole vrátí zpět na vlákno a následně se teplotou vlákna rozkládá. Wolfram se usadí na vlákno a halogen se vrátí zpět k povrchu baňky, tento cyklus se neustále opakuje. Halogenové žárovky mají stabilní světelný tok během své životnosti. Měrný výkon dosahuje hodnot až $26 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Vykazuje vysokou odolnost proti teplotním změnám. [1]

Xenonové výbojky

Vysokotlaká výbojka, která je nejčastěji používaná v automobilovém průmyslu. Pro uskutečnění zážehu xenonové výbojky je potřeba vysokonapěťový impulz o minimálním napětí 20 kV. Pro dosažení výboje u většiny výbojek pro světlomety automobilů jsou provozní hodnoty okolo 85 V a 100 Hz. V osvětlovací technice je používané trubicové provedení výbojky, které dosahují příkonu až 10 kW a je nutné je chladit vodou nebo vzduchem. Měrný výkon dosahuje hodnot až $95 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ a životnost přibližně 2 500 hodin. U těchto výbojek dosahuje náhradní teplota chromatičnosti širokého rozmezí 4 000-12 000 K a její vyzařovací spektrum odpovídá dennímu světlu. [1]

LED

LED je polovodičová elektronická součástka, která obsahuje přechod PN, kterou když prochází elektrický proud ve směru propustném, vyzařuje (emituje) světlo s velmi úzkým spektrem. Toto spektrum je dáno chemickým složením daného polovodiče. [8] Polovodič není sám o sobě vodivý, ale když mu dodáme energii, nebo změním složení malým množstvím příměsí jiného prvku může se stát vodivým prvkem. Když dodáme do polovodiče energii uvolní se z atomu elektron na tomto místě vznikne kladně nabitá díra, ale tuto díru zaplní jiný elektron, kde vznikne další díra a celý cyklus se stále opakuje. Takovým způsobem se pohybují elektrony a díry, vzniká elektrický proud. Prvky, z kterých se vyrábějí polovodiče jsou křemík [Si], germanium [Ge], selen [Se]. Polovodičové prvky, které mají převahu elektronů oproti dírám se nazývají polovodiče typu N a opačně, přebytek děr oproti elektronům polovodiče typu P. Připojením kladné svorky elektrického zdroje k polovodiči typu P a zápornou svorku k polovodiči typu N, vznikne na rozhraní velmi úzká vyprázdněná oblast, (neobsahuje nosiče náboje – volné elektrony nebo díry), ale elektrický proud dokáže přes tuto úzkou oblast procházet. Toto se nazývá zapojení v propustném směru. Při opačném zapojení svorek se vyprázdněná oblast rozšíří a proud nedokáže procházet. Toto je tzv. zapojení v závěrném směru. Oblast na rozhraní typu P a N se nazývá přechodem PN a propouští elektrický proud pouze v jednom propustném směru. Při přechodu PN se uvolní energie, která se přímo mění na světlo. [9] Měrný výkon LED diod se blíží k $200 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$, ale předpoklad do budoucna naznačuje zvýšení přes tuto hodnotu. U LED diod máme možnost vybrat různé druhy náhradní teploty chromatičnosti. LED zdroje mají schopnost okamžitého spínání bez časového prodloužení, aniž by to mělo vliv na snížení doby života. Vysoká životnost, která dosahuje až hodnoty 50 000 hodin, což odpovídá 12 let v běžném provozu. [7] [8] [9]

2.4 Svítidlo použité při praktické části na Polygonu v Ostravě.

Tabulka 1: Svítidlo použité při praktické části na polygonu v Ostravě.

Svítidlo	Světelný zdroj	Náhradní teplota chromatičnosti [T _c]
PHILIPS CDM_TT 70 W,	Halogenidová výbojka	4000 K



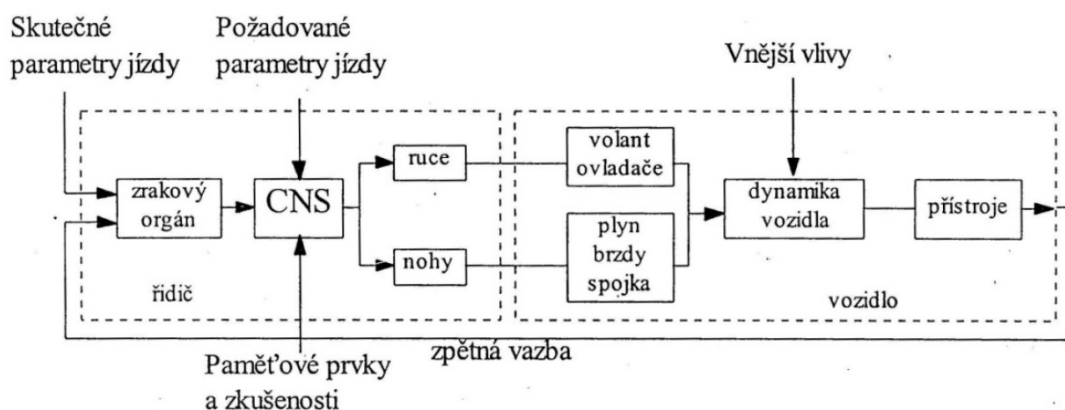
Obrázek 6: Svítidla na polygonu v Ostravě

3 Chování řidičů při spatření překážky

Řízení automobilového vozidla je složitá činnost, ve které hraje zrak velmi důležitou roli. Většinu získaných informací z provozu získáváme pomocí zrakového orgánu, konkrétně až 80 %. Pro bezpečnou jízdu automobilem nestačí pouze dobře vidět, ale je nutné rozpoznat viditelné podněty, chování ostatních řidičů, silnici a její okolí. Nemotorizovaní účastníci provozu musí při pohybu na silnici být i za tmy a nepříznivých podmínek dobře viditelní, aby řidič vozidla mohl objekt z bezpečné viditelnosti spatřit a případně včas zastavit vozidlo. [10]

3.1 Reakční doba

Reakční doba je stanovení relativních časových úseků, zvláště v případech neočekávaného, náhlého výskytu objektu (překážky), tento čas je vnímán od prvního zachycení objektu až po zahájení činnosti brzdového systému vozidla. Veškerá problematika je vyznačena na uvedeném blokovém schématu, z tohoto uvedeného schématu můžeme odvodit obecnou problematiku. Z tohoto blokového schématu můžeme usoudit, že hlavní roli zde hraje lidský faktor, proto musíme věnovat této části velkou pozornost. [4] [5]



Obrázek 7: Blokové schéma řidiče s technickým prostředkem [4]

Reakční dobu řidiče můžeme rozdělit na tři části:

- I. Část-Začátek spatření překážky. Nazýváme ji jako optická reakce.
- II. Část-Potřebný čas k rozpoznání překážky. Nazýváme ji jako psychická reakce.
- III. Část-Svalová činnost systému na spatření překážky. Nazýváme ji jako svalová reakce.[4]

Faktory rozhodující délku reakční doby:

Řidičské zkušenosti

Znalost daného prostředí

Schopnost řidiče předvídat nebezpečné situace

Schopnost řidiče správně zasáhnout

Věk řidiče

Únava řidiče

Hluk

Počasí

Oslnění

Nedbalost (telefonování) [6]

Tabulka 2: Reakční časy řidičů za dne a v noci [4]

reakční doba řidiče při úhlu pohledu do 0.75 stupňů na objekt	
optická reakce	0.00 s
psychická reakce	0.22 – 0.58 s
svalová reakce	0.15 – 0.21 s
celková reakční doba	0.37 – 0.79 s

a)

reakční doba řidiče při úhlu pohledu do 5 stupňů na objekt	
optická reakce	0.32 – 0.55 s
psychická reakce	0.22 – 0.58 s
svalová reakce	0.15 – 0.21 s
celková reakční doba	0.69 – 1.34 s

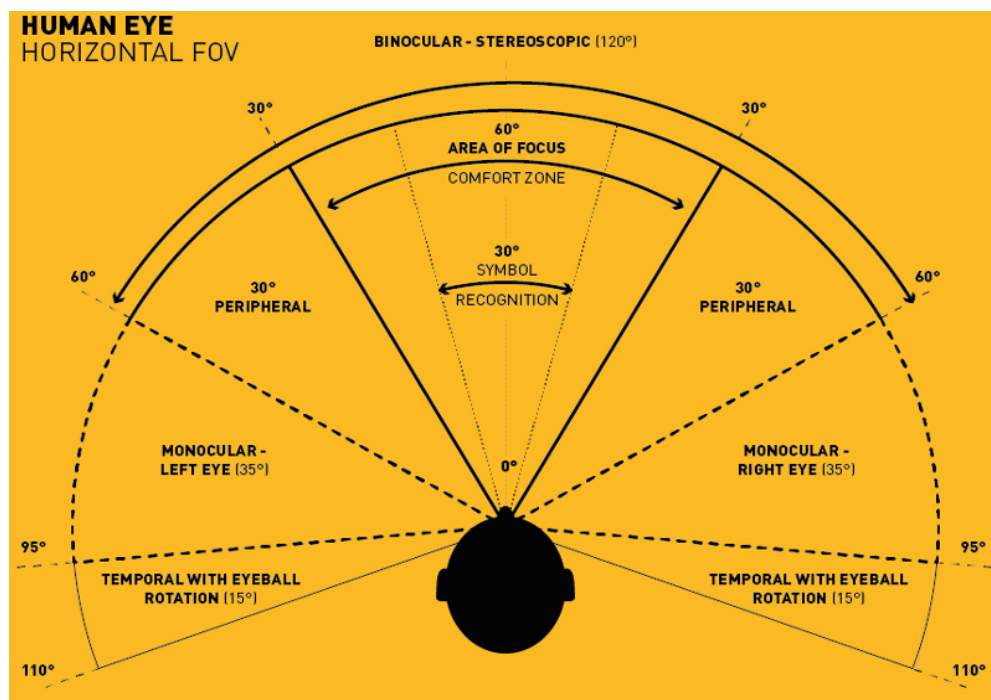
b)

reakční doba řidiče při úhlu pohledu nad 5.0 stupňů na objekt	
optická reakce	0.41 – 0.70 s
psychická reakce	0.22 – 0.58 s
svalová reakce	0.15 – 0.21 s
celková reakční doba	0.78 – 1.49 s

Reakční doba řidiče v noci	
Optická reakce	2,51 s
Psychická reakce	0,58 s
Svalová reakce	0,21 s
Celkem	3,30 s

3.2 Zorné pole člověka (řidiče)

Zorné pole je obraz, který je na sítnici vytvořený pravým a levým okem v rozmezí 190° horizontální roviny. Z pohledu řidiče je zorné pole omezeno konstrukčním provedením předního skla vozidla, která vyplývají z daných předpisů. Člověk dokáže spatřit dění kolem sebe v poměrně širokém rozmezí, ale většina obrazu je neostrého vidění, tzv. periferní vidění. Tento obraz je neostrý a nepřesný a dosahuje hodnoty 98 % z celkového vidění. Ostré vidění (foveální vidění) představuje pouhé 2 % a odehrává se na ústřední jamce (fovea centralis) o velikosti 0,2 mm. V této části sítnice probíhají procesy s nejvyšší přesností a také ostrostí a to při fotopickém, mezopickém i skotopickém vidění. Fotopické vidění má maximální vlnovou délku $\lambda_{f \max} = 555 \text{ nm}$ a hodnotu fotometrického ekvivalentu viditelného záření $K_{ff} = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Skotopické vidění má hodnotu fotometrického ekvivalentu viditelného záření $K_{ff} = 1699 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ a maximální vlnovou délku $\lambda_{f \max} = 505 \text{ nm}$. Mezopické vidění je dáno přechodem mezi fotopickým a skotopickým viděním a je dáno poměrem jednotlivých receptorů při vidění. [4] Zrak je dobře přizpůsobitelný na různé intenzity světla a dokáže se rychle adaptovat na světlo i tmu, ale tato schopnost se velmi zhoršuje s rostoucím věkem. Pro věkově starší osoby je při řízení automobilu horší adaptace při změně intenzity světla, např. při vjezdu a výjezdu z tunelu. S tímto faktem souvisí i horší adaptace při oslnění v noci. [10]



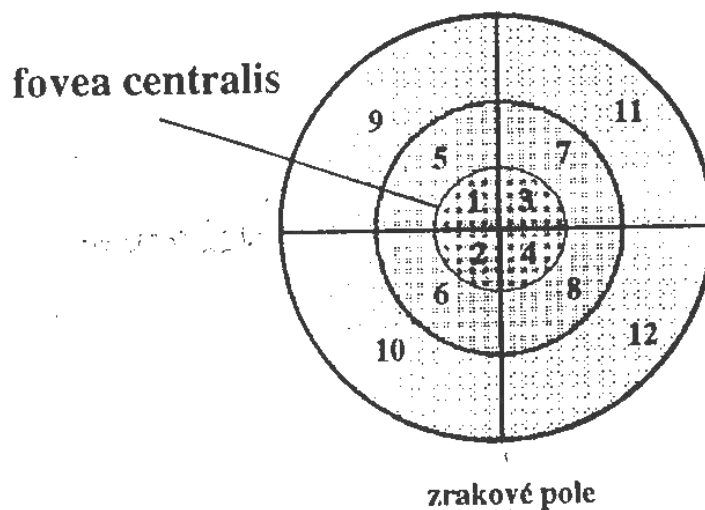
Obrázek 8: Zorné pole člověka v horizontální rovině [17]

Rozložení sítnice z pohledu rozpoznávání můžeme pro představu znázornit jako na obr. č.9, jednotlivé lokality mají v celém procesu rozpoznávání určený význam. [4]

Tabulka 3: Rozdělení jednotlivých částí sítnice [4]

	Skladba	Levá hemisféra		Pravá hemisféra	
Fovea centralis	Čípky	L1 a L2	P3 a P4	P1 a P2	L3 a L4
Periferie I	Čípky a tyčinky	L5 a L6	P7 a P8	P5 a P6	L7 a L8
Perifie II	Tyčinky	L9 a L10	P11 a P12	P9 a P10	L11 a L12

V centrální nervové soustavě jsou vymezeny oblasti, v kterých dochází ke komplikovaným procesům, které dekodují obraz ze sítnice. Fovea centralis má průměr přibližně 0,2 mm, ale pro rozpoznávání obrazu má určený obrovský objem v mozkové kůře, oproti objemu který je určen pro periferie I a II



Obrázek 9: Rozložení zrakového pole [4]

3.3 Zajímavý podnět

Při jízdě autem, dochází u řidiče k procesům, které mají za úkol rozeznat, zda obraz, který vznikne na sítnici je zajímavý podnět nebo není vzhledem k vykonávané činnosti. Při řízení automobilu není v každém případě vybrán zajímavý podnět jako ten klíčový, ale vybírání zajímavého podnětu je velmi komplikovaný a složitý proces a nelze určit proč právě v danou chvíli došlo k výběru daného podnětu a ne jiného. V tomto rozhodování rozhodují lidské faktory jako je například pud sebezáchovy a další. Zajímavé podněty přicházejí jak z foveálního, tak i z periferního vidění. Zajímavý podnět se automaticky převádí z periferního do foveálního vidění, což je nepřesnější a nejostřejší oblast. Tato činnost se vykonává pro všechna tři druhy sledování, a to jsou ftopické, mezopické a skotopické. Obraz zajímavého podnětu, který byl zachycen sítnicí se po převedení do foveální oblasti postupně převede do tří center rozpoznávání oka.[4]

- I. centrum-vyhodnocuje pohyb a lokalizuje podnět
- II. centrum-vyhodnocuje barvu podnětu
- III. centrum-určuje tvar zajímavého podnětu [4]

4. Vlivy počasí na viditelnost chodců na komunikacích

Kvalita VO má veliký význam pro bezpečnost účastníků na pozemních komunikacích. Nesprávně navržené VO může být důsledkem dopravních nehod a kolizí na pozemních komunikacích. Při navrhování správně zvoleného VO, musíme nejprve pochopit funkci zraku a jeho zachycování obrazů při různé světelné intenzitě. Zrakové funkce lze rozdělit do těchto tří bodů:

- Jízda za světla
- Jízda za tmy
- Jízda za mlhy, deště atd.

Zrakové pole při řízení automobilu tvoří převážně pozemní komunikace, okolí komunikace, krajina a obloha. Všechny podněty, které jsou pro naši činnost důležité, je třeba zřetelně zobrazit. Pro zobrazení podnětu v noci jsou prostředkem světlomety automobilu. Světlomety slouží k osvětlení pozemní komunikace, detekci objektů v blízkosti krajnice komunikace. Účinnost světlometů se snižuje s rostoucí rychlostí a počtem vozidel na komunikaci. Světlomety jsou naopak zdrojem oslnění pro protijedoucí vozy a vždycky nepokrývají dostatečný úsek pro bezpečné zastavení vozidla. Pro větší bezpečnost na komunikacích se dále používá veřejné osvětlení, které slouží k osvětlování povrchu komunikace a jejího bezprostředního okolí. Vytváří vizuální podmínky, které mají pomáhat řidičům spatřit překážku na delší vzdálenost než jen při použití světlometů. Veřejné osvětlení rovněž pomáhá při snížení oslnění od protijedoucích aut. [11]

Zima je pro řidiče nejhorší období, kvůli snížené viditelnosti, která komplikuje dopravu. Snížená viditelnost je jedním z příčin, které způsobují dopravní nehody. V zimních měsících umírá až 72 % obětí dopravních nehod za snížené viditelnosti. Snížení viditelnosti na komunikacích zmenšuje vnímání okolních předmětů a způsobuje delší reakce řidiče. V České republice je povinnost pro všechny motorová vozidla svítit za každého počasí. U modernějších aut s denním svícením není vždy správné spoléhat na automatické přepínání z denních na hlavní světla. Senzory nedokáží vždy správně rozeznat sníženou viditelnost a nepřepnou z denních na hlavní světla, která rozsvítí i zadní světla automobilu. [12]

4.1 Vlivy počasí

Tma

Ve tmě se výrazně snižuje dohledová vzdálenost, a proto je důležité snížit rychlost, abychom byli schopni zastavit vozidlo na vzdálenost viditelnosti. Tma snižuje schopnosti správně usoudit vzdálenost, pohyb a barvy překážky a na řidiče může začít působit pocit únavy. [12]

Mlha

Jízda řidiče v mlze izoluje a znemožňuje vnímání okolních předmětů. Řidič automobilu svou aktuální rychlost vnímá nižší, než tomu skutečně je a naopak. Vzdálenost okolních předmětů vnímá jako větší, než je skutečnost. Z výše popsaných důvodů je pravděpodobnost usmrcení při mlze 3x vyšší než u běžných nehod. [12]

Děšť

V případech vysoké intenzity deště, dochází na spodní části čelního skla souvislá vodní plocha, která výrazně snižuje viditelnost řidiče. V takové situaci je nutné snížit rychlost a zapnout mlhová světla a při extrémní snížení viditelnosti vlivem deště, je vhodné pro bezpečnost raději sjet ze silnice a počkat několik minut, než se počasí ustálí. Tato situace nemá většinou dlouhého trvání. Pro zachování bezpečné dopravy je nutné nechat rozsvícená světla a zapnout výstražnou signalizaci při sjetí ze silnice. [12]

Sníh

V případě snížené viditelnosti vlivem sněžení čelí řidič vlivem sněhu i zhoršení povrchu vozovky. Řiditelnost i výhled z vozidla je také zhoršen. V takovém případě je důležité odstranit sníh z celého povrchu auto, nikoliv pouze z čelního skla. Ponechání sněhové vrstvy na střeše nebo bočních stranách automobilu snižuje přehled o okolí a při prudkém brždění nám může zatemnit přední výhled z automobilu a tím způsobit nehodu. Za hustého sněžení je povinnost zapnout mlhová světla a snížit rychlost, kvůli vznikající vrstvě sněhu na komunikaci, která má vliv na adhezní podmínky a prodlužuje délku brzdné dráhy. [12]



Obrázek 10: Pohled z vozidla při sněhové vrstvě [12]

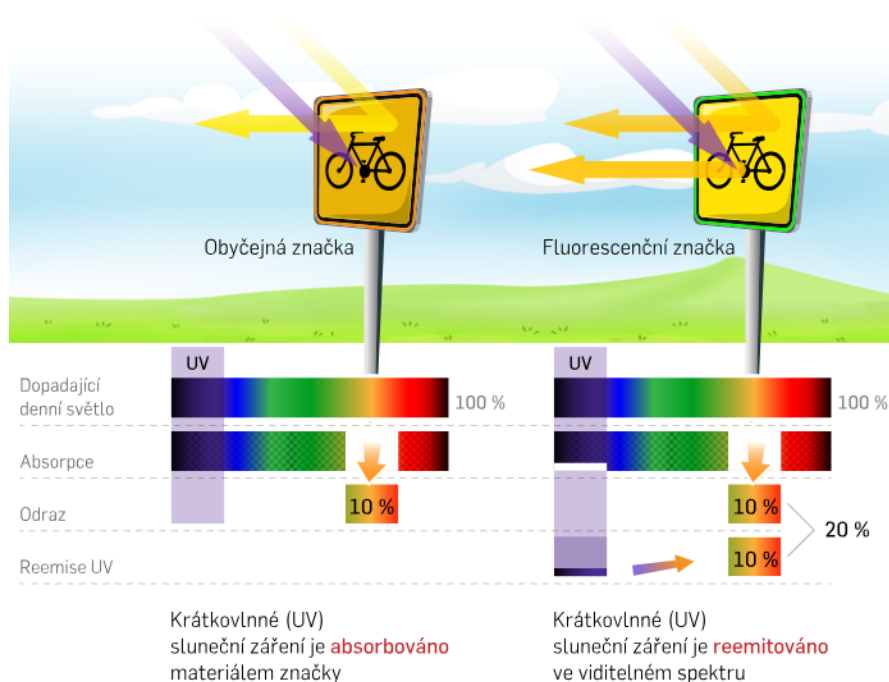
Tabulka 4: Vlivy počasí na potřebný čas k zastavení vozidla [15]

Typ povrchu	Původní rychlost	Reakční dráha	Brzdná dráha	Celkem
Suchá asfaltová silnice	50 km/h	14 m	14 m	28 m
	60 km/h	17 m	20 m	37 m
	80 km/h	22 m	35 m	57 m
Mokrý asfaltová silnice	50 km/h	14 m	19 m	33 m
	60 km/h	17 m	28 m	45 m
	80 km/h	22 m	49 m	71 m
Náledí	50 km/h	14 m	64 m	78 m
	60 km/h	17 m	93 m	110 m
	80 km/h	22 m	165 m	187 m

4.2 Prvky pro zlepšení viditelnosti chodců

Fluorescenční materiály

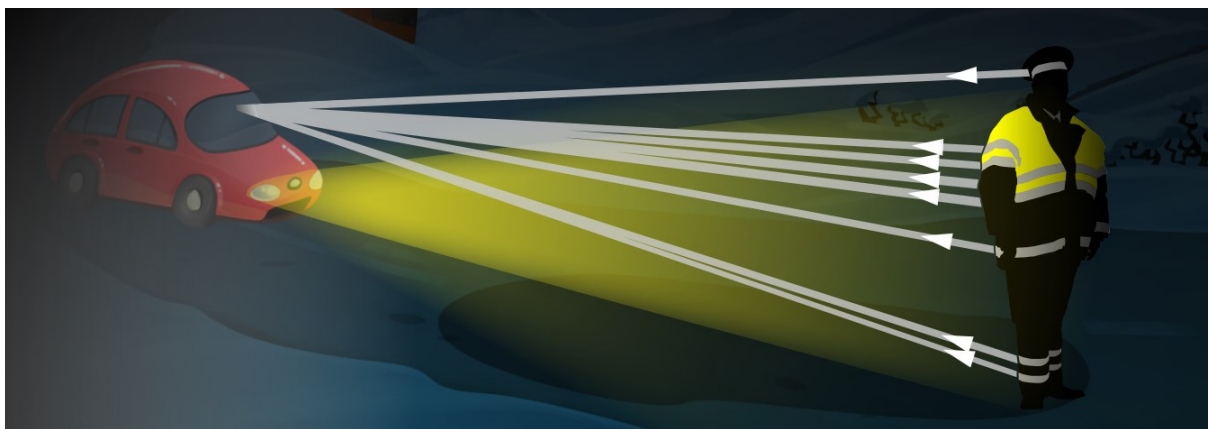
Využívají se pro zvýšení viditelnosti ve dne a při nízké snížení viditelnosti (soumrak, déšť). Používají se na reflexních vestách, pracovních oděvech a dopravních značkách. Fluorescenční materiály jsou účinné jen přes den, v noci svou funkci ztrácí, a proto se kombinují s reflexními materiály, které zajišťují lepší viditelnost za tmy. Nejčastěji používané barvy jsou žlutá, zelená a oranžová. Fluorescenční látky využívají luminiscenci (vyzařování světla), která je vyvolána dopadem elektromagnetického záření. Materiál pohltí elektromagnetické záření daných vlnových délek a zpětně je vyzařuje s delší vlnovou délkou ale s nižší energií. U těchto látek dochází také k absorbování UV záření a následně k emisi záření ve viditelné vlnové délce. Proto nám připadá, při zatažené obloze, kdy je dostatek UV záření a méně světelného záření, že tyto látky svítí. Toto je důvod, proč je účinnost a viditelnost fluorescenčních barev při užití v dopravní bezpečnosti mnohem vyšší než viditelnost klasických barev bezpečnostních prvků. [13]



Obrázek 11: Rozdíl mezi klasickou a fluorescenční značkou [13]

Reflexní materiály

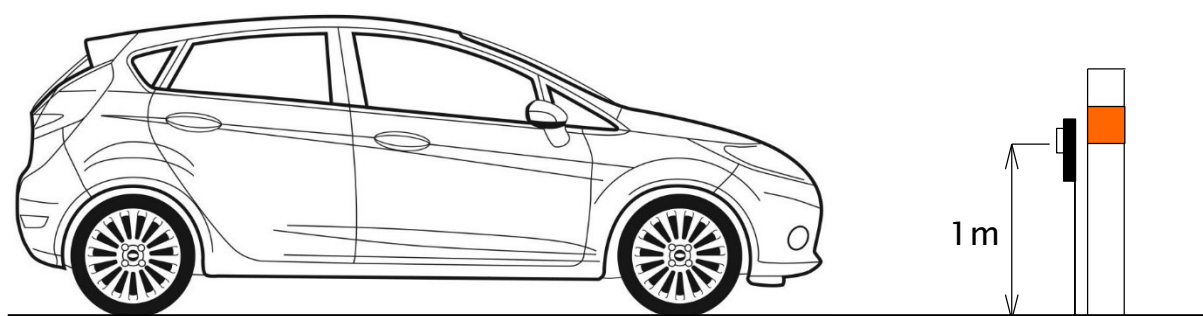
Tyto materiály fungují na principu zpětného odrazu světla, tzv. retroreflexe. To způsobuje, že se světelné paprsky ze světlometu, které dopadají na povrch reflexního materiálu odrazí s určitou účinností zpátky ve směru původního zdroje světla. Tento odraz zaznamená řidič ve formě kontrastu s tmavým okolím. Účinnost odraženého světla úzce závisí s kvalitou reflexního materiálu a způsobem výroby. Dokáží být viditelné až na 200 m od světlometu. Reflexní prvky se umísťují na pohyblivé části těla např. zápěstí, kotníky. Pohyblivý reflexní prvek je více viditelný než statický. [13], [14],



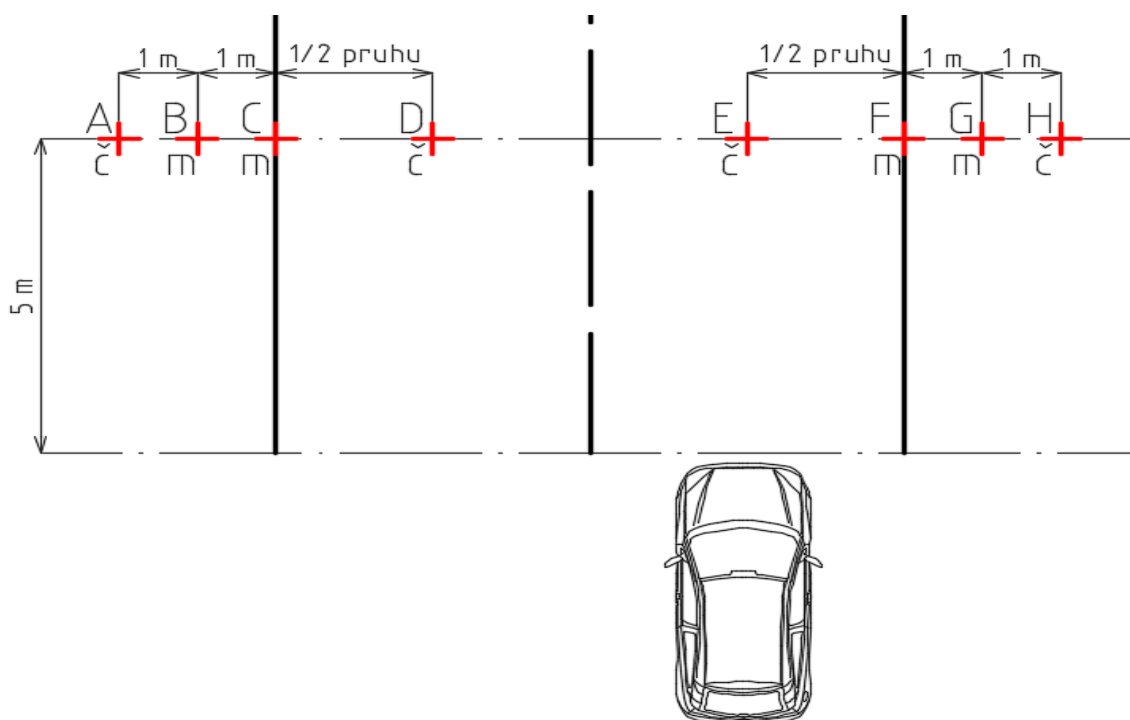
Obrázek 12: Odraz reflexní vesty [13]

5. Měření a vyhodnocení přírůstku světlometů osobních aut na osvětlené komunikaci.

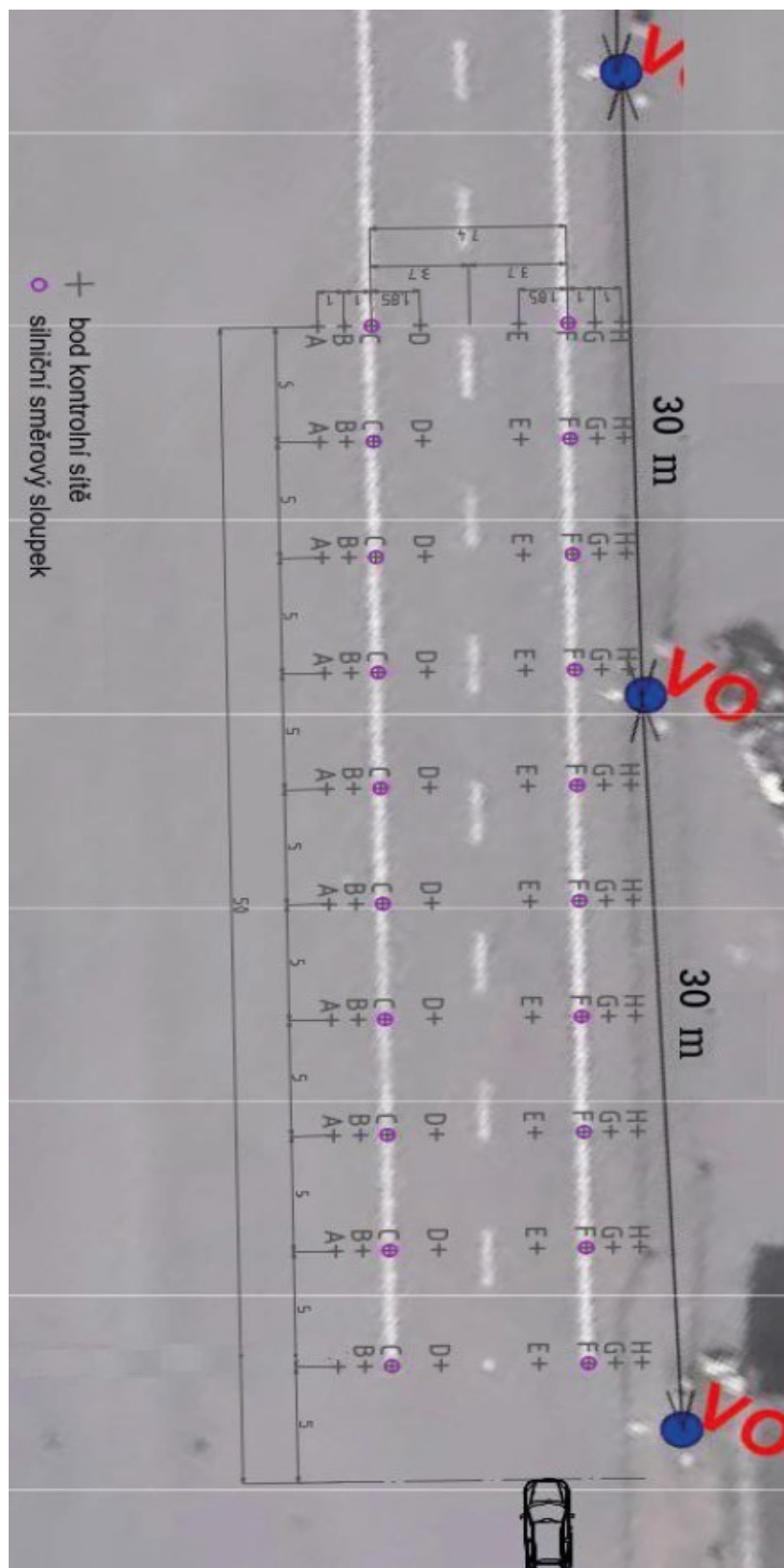
Tato úloha je zaměřena na vyhodnocení přírůstku různých tlumených světlometů (Xenon, LED, Halogen) vozidel. První měření probíhalo při zapnutém veřejném osvětlení a druhé měření se provádělo při komunikaci neosvětlené veřejným osvětlením. Měřila se vertikální osvětlenost pomocí luxmetru, který byl umístěn ve výšce 1 m nad vozovkou komunikace. Hodnoty pro jednotlivá měření byly změřeny v bodech od A do H, viz obrázek 14. a to v úseku 5-50 m při rozstupech 5 m. Automobil byl umístěn 5 m naproti bodu E. Změřené hodnoty z jednotlivých měření jsou uvedeny v příloze 1.



Obrázek 13: Vertikální měření osvětlenosti s použitím luxmetru [18]

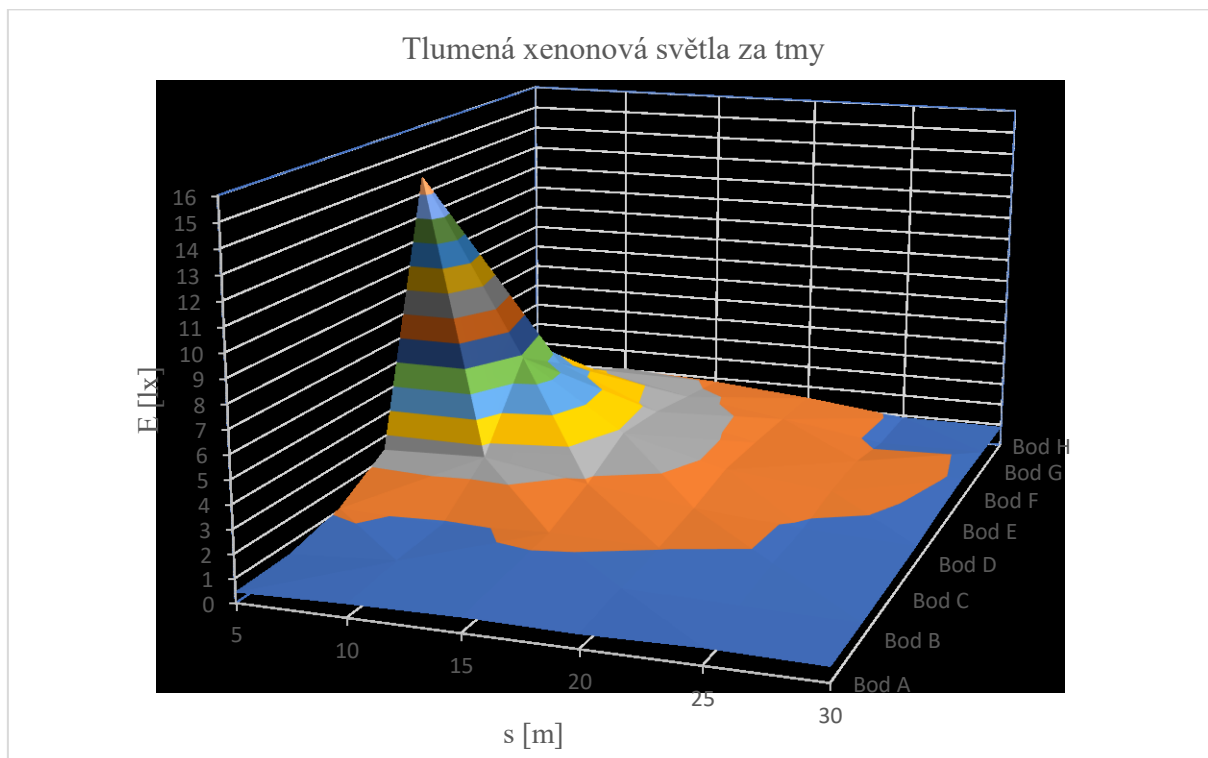


Obrázek 14: Umístění použitých přípravků na komunikaci



Obrázek 15: Mapa měřeného úseku na polygonu v Ostravě [19]

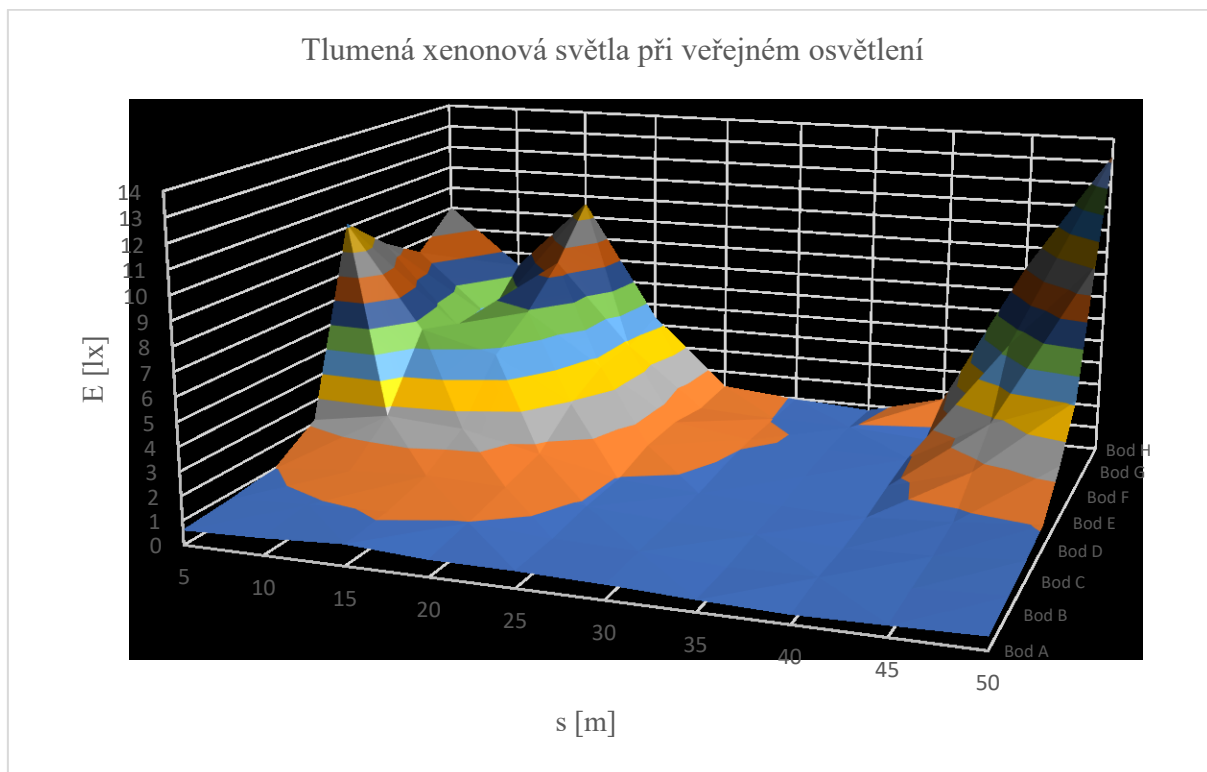
5.1 Měření vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světlometů vozidla za tmy



Obrázek 16: Graf vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světel za tmy

Při zhodnocení měření xenonových světel za tmy, můžeme zpozorovat, že osvětlenost poklesne pod nedostačující hodnotu 1 lux v bodě F ve 30 metrech od světlometu auta. Maximální osvětlenost ve středu jízdního pruhu je 13,75 lx při 5 m následně klesá po hodnotu 0,88 lx ve vzdálenosti 30 m. Krajnice vozovky ve směru vozidla je maximálně osvětlena při 5 metrech a to konkrétně 6,38 lx, až po 0,954 lx při 30 m. Střed vozovky v protisměru je maximálně osvětlen 2,55 lx. ve vzdálenosti 10 m od světlometu a poté klesá až na hodnotu 0,919 lx při 25 m.

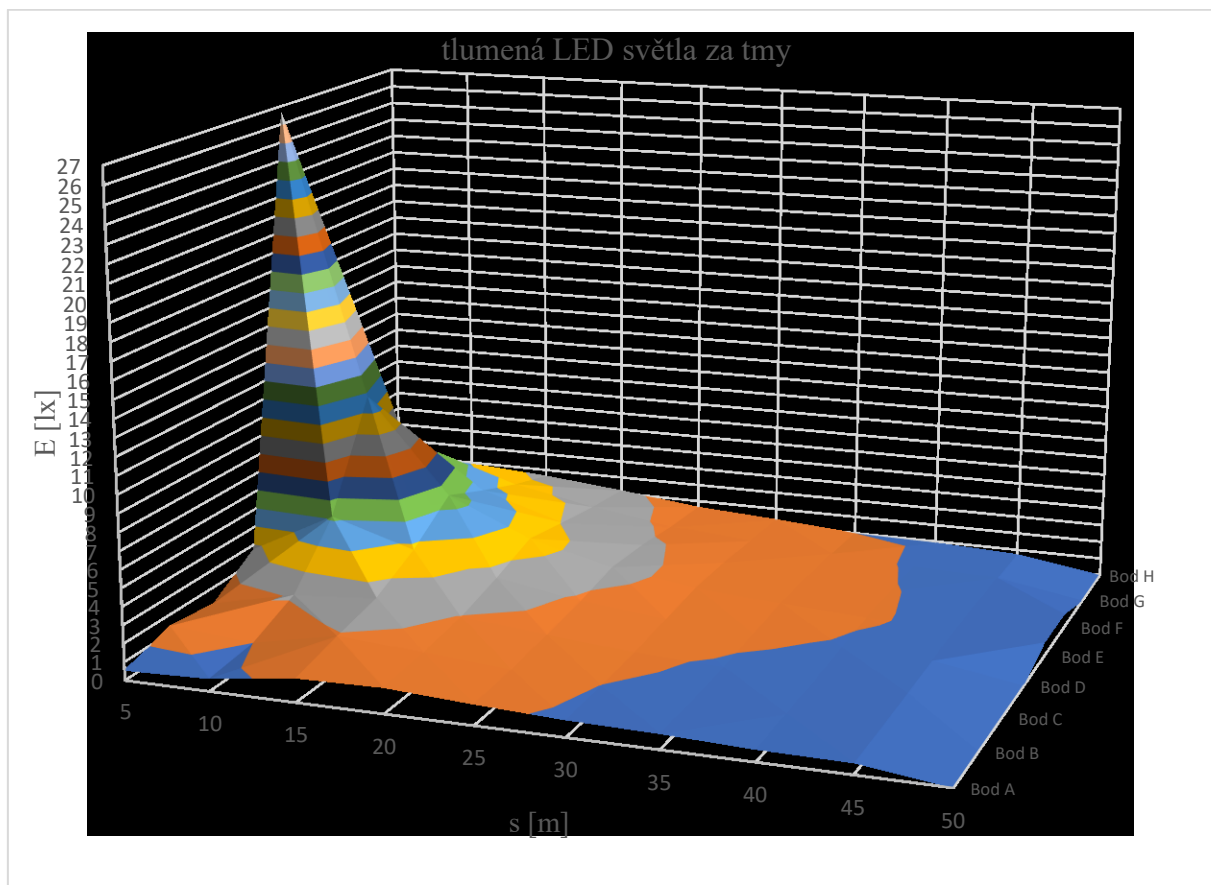
5.2 Měření vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světlometů auta při VO



Obrázek 17: Graf vertikální osvětlenosti tlumených xenonových světel při VO

Při měření xenonových světel při veřejném osvětlení, je vzdálenost veřejných svítidel 9 m a 41 m od auta. Jízdní střed vozovky je maximálně osvětlen v 5 m konkrétně 10,15 lx a poté klesá až na hodnotu 0,944 lx ve 30 m. Střed vozovky v protisměru je nejvýše osvětlován 2,68 lx v 10 m a klesá až na 0,967 lx ve 25 m. Krajnice při jízdním pruhu je osvětlována dostatečně do 30 m. Nejlépe je osvětlena při 5 metrech, a to 8,858 lx. Mezi prvním a druhým svítidlem veřejného osvětlení vzniká 10 m nedostatečného osvětlení na komunikaci, při které osvětlenost poklesne pod 1 lx. Tato mezera je způsobená špatnou vzdáleností mezi svítidly. Tuto nedokonalost lze vyřešit zmenšením vzdáleností nebo zvolením správného typu svítidel, které tuto chybu odstraní. Druhé svítidlo dostatečně osvětluje komunikaci až od 40 m.

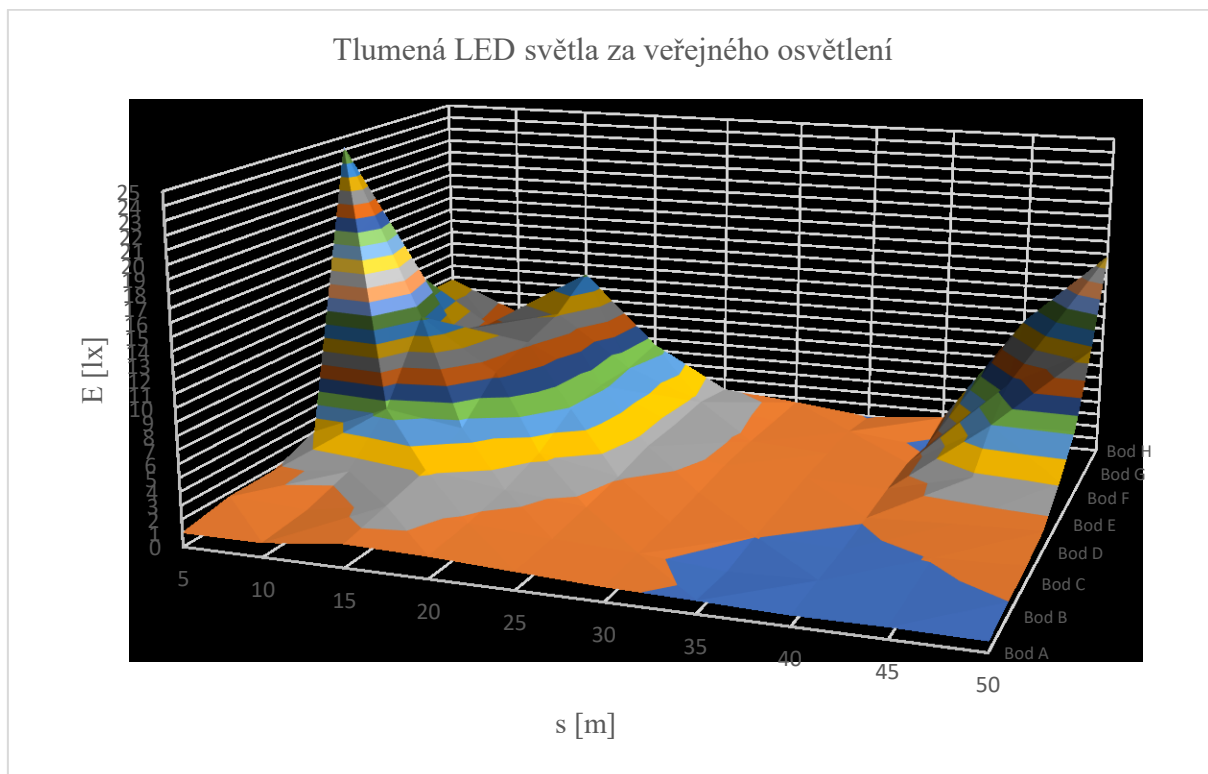
5.3 Měření vertikální osvětlenosti tlumených LED světlometů vozidla za tmy



Obrázek 18: Graf vertikální osvětlenosti tlumených LED světél za tmy

Při zhodnocení měření LED světél za tmy, jsme zjistili, že osvětlenost poklesne pod nedostačující hodnotu 1 lux v bodě F ve 40 m od světlometu auta. Maximální osvětlenost ve středu jízdního pruhu je 26,64 lx v 5 m a následně klesá po hodnotu 1,05 lx ve 40 m. Osvětlenost LED svítidla má tendenci rychle klesat, při 20 m je hodnota osvětlenosti už jen 3,46 lx z počátečních 26,64 při 5 m. Krajnice vozovky ve směru vozidla je maximálně osvětlena 10,89 lx v 5 m a klesá postupně k 1,02 lx ve 40 m. Dokážeme teda spatřit překážku při krajnici v relativně podobné vzdálenosti jako kdyby stála ve středu jízdního pruhu. Osvětlenost krajnice a středu vozovky je od 25 m od vozidla přibližně shodná. Při krajnici osvětlenost neklesá se vzdáleností tak rychle jako uprostřed komunikace. Prostředek vozovky v protisměru je maximálně osvětlen 5,16 lx. ve vzdálenosti 10 m a poté klesá až na hodnotu 0,938 lx ve 40 m.

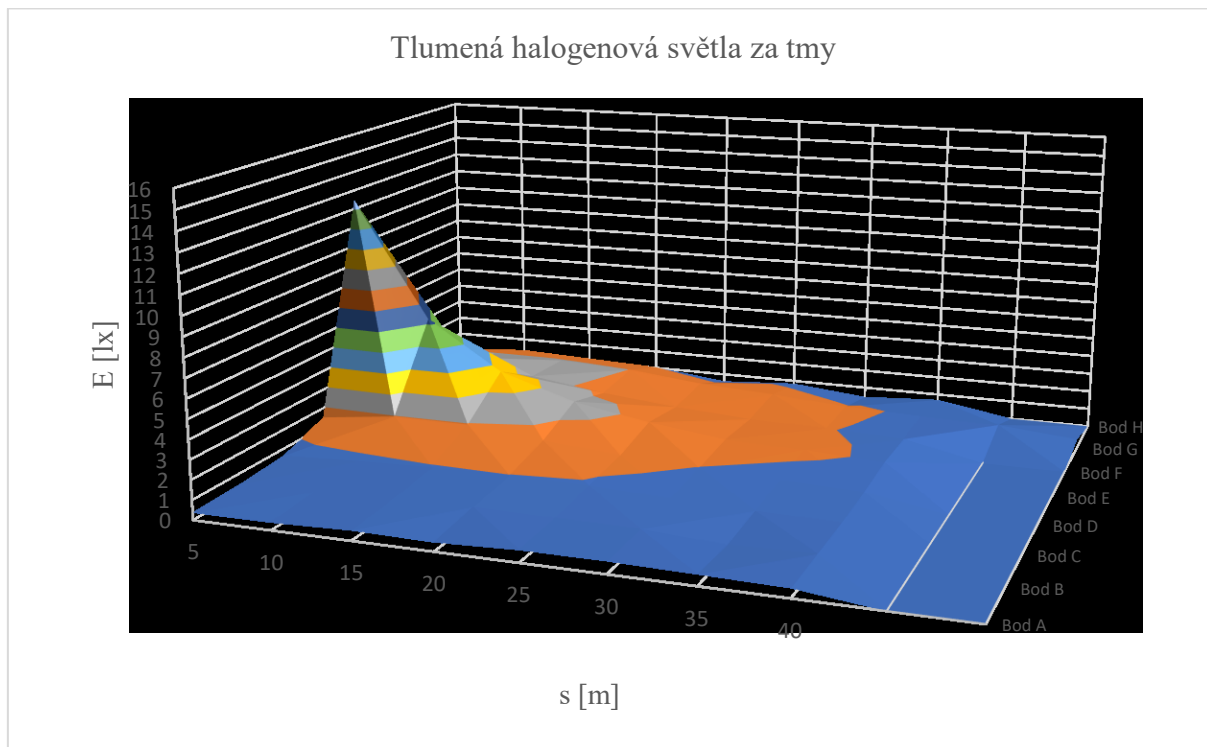
5.4 Měření vertikální osvětlenosti tlumených LED světlometů vozidla při VO



Obrázek 19: Graf vertikální osvětlenosti tlumených LED světel při VO

Měření xenonových světel při veřejném osvětlení, je vzdálenost svítidel 9 m a 41 m od auta. Jízdní střed vozovky je maximálně osvětlen 24,22 lx ve vzdálenosti 5 m od auta. Při osvětlení jízdního pruhu LED světlometry nevzniká mezi svítidly veřejného osvětlení mezera, při které klesne osvětlenost pod 1 lx, ale v tomto případě je těsně nad, konkrétně 1,25 lx ve 40 m. Krajnice při jízdním pruhu je maximálně osvětlována 14,77 lx v 5 m a minimálně 1,35 lx při 40 m. Střed vozovky v protisměru je osvětlován maximálně 5,45 lx při 10 m a nejméně 1,04 lx při 40 m.

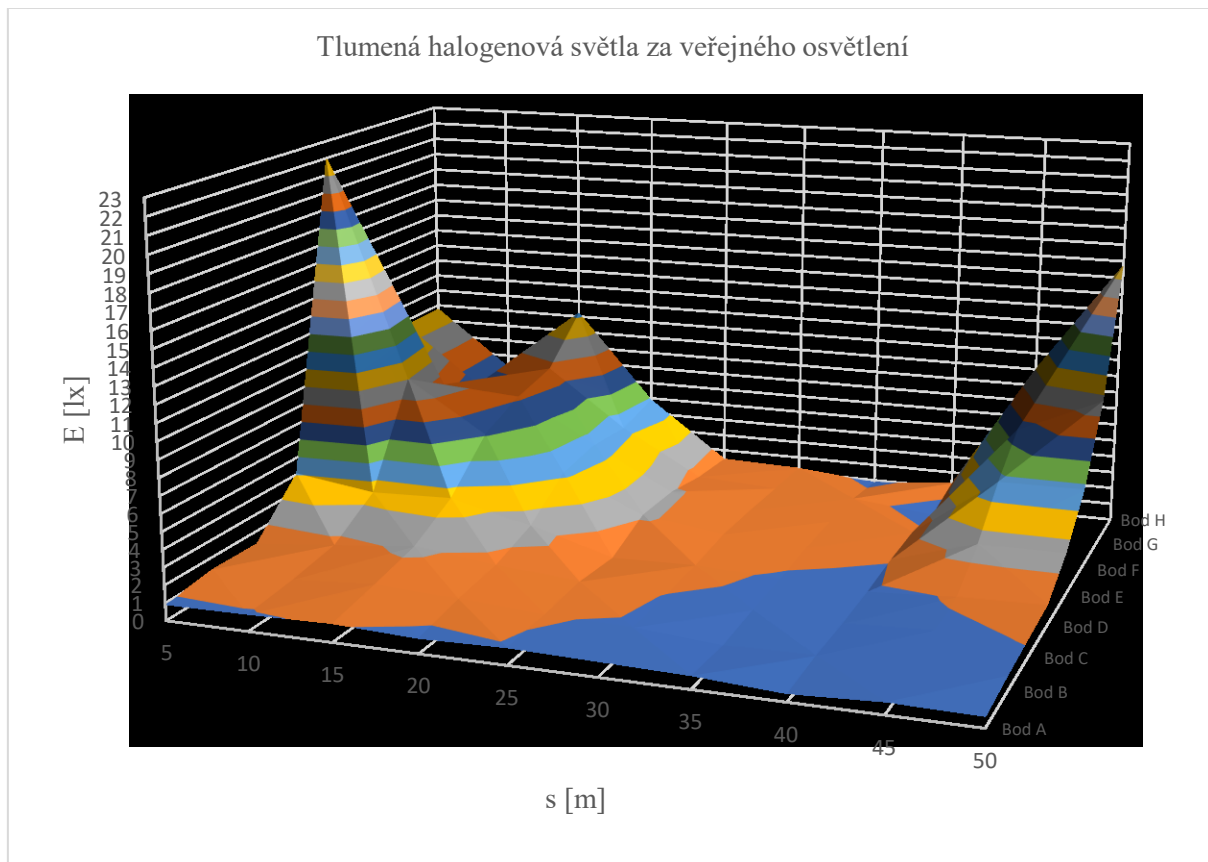
5.5 Měření vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světlometů vozidla za tmy



Obrázek 20: Graf vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světel za tmy

Při měření halogenovými světly za tmy upozorujeme, že osvětlenost poklesne pod 1 lx v bodě F ve 40 m od světlometu auta. Maximální osvětlenost ve středu jízdního pruhu je 12,44 lx při 5 m následně klesá po hodnotu 0,919 lx ve 40 m. Krajnice vozovky ve směru vozidla je osvětlena 4,35 lx při 5 m až po 1,02 lx ve 35 m. Dokážeme teda spatřit překážku na krajnici v relativně podobné vzdálenosti jako na silnici. Střed vozovky v protisměru je osvětlen maximálně 1,97 lx. ve vzdálenosti 10 m a poté klesá až na hodnotu 0,989 lx při 30 m.

5.6 Měření vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světlometů vozidla při VO



Obrázek 21: Graf vertikální osvětlenosti tlumených halogenových světel při VO

Při měření halogenových světel při veřejném osvětlení, je vzdálenost svítidel 9 m a 41 m od auta. Jízdní střed vozovky je osvětlen při 5 m hodnotou 22,02 lx. Krajnice při jízdním pruhu je maximálně osvětlována 12,86 lx v 5 m a minimálně 1,15 lx ve 40 m. Střed vozovky v protisměru je osvětlován maximálně 4,07 lx v 10 m a nejméně 0,776 lx ve 40 m. Při osvětlení jízdního pruhu halogenovými světlomety nevzniká mezi svítidly veřejného osvětlení mezera, při které klesne osvětlenost pod 1 lx, ale v tomto případě je nejmenší hodnota 1,03 lx ve 40 m, což je krajní mez a bylo by ideální změnit vzdálenosti mezi svítidly VO nebo změnit jejich křivky svítivosti, aby se tento problém opravil.

6. Vyhodnocení jasových poměrů viditelnosti překážek za účelem zjištění viditelnosti na komunikaci s předem vymezeném poli.

Při zpracování této úlohy jsme zjišťovali kontrast (K) překážky (chodce) vůči pozadí. Úloha byla rovněž jako ta předchozí provedena pro 3 typy tlumených světlometů vozidel (Xenon, LED, Halogen) a to při zapnutém i vypnutém veřejném osvětlení komunikace. Hodnoty pro jednotlivá měření byly změřeny v bodech od A do H, viz obrázek 14. a to v úseku 5-50 m při rozestupech 5 m a vozidlo bylo umístěno 5 m naproti bodu E. Jednotlivý kontrast ke každému měření je vypočítán podle vzorců, které jsou uvedeny níže. Změřené hodnoty z jednotlivých měření a výpočty jsou uvedeny v příloze 2.

Příklad výpočtu:

Odraznost překážky $\rho = 0,2$

Jas pozadí při zapnutém veřejném osvětlení

$$L_b = 0,29 \frac{cd}{m^2}$$

Jas pozadí při vypnutém veřejném osvětlení

$$L_b = 0,022 \frac{cd}{m^2}$$

Vertikální osvětlenost – E_v

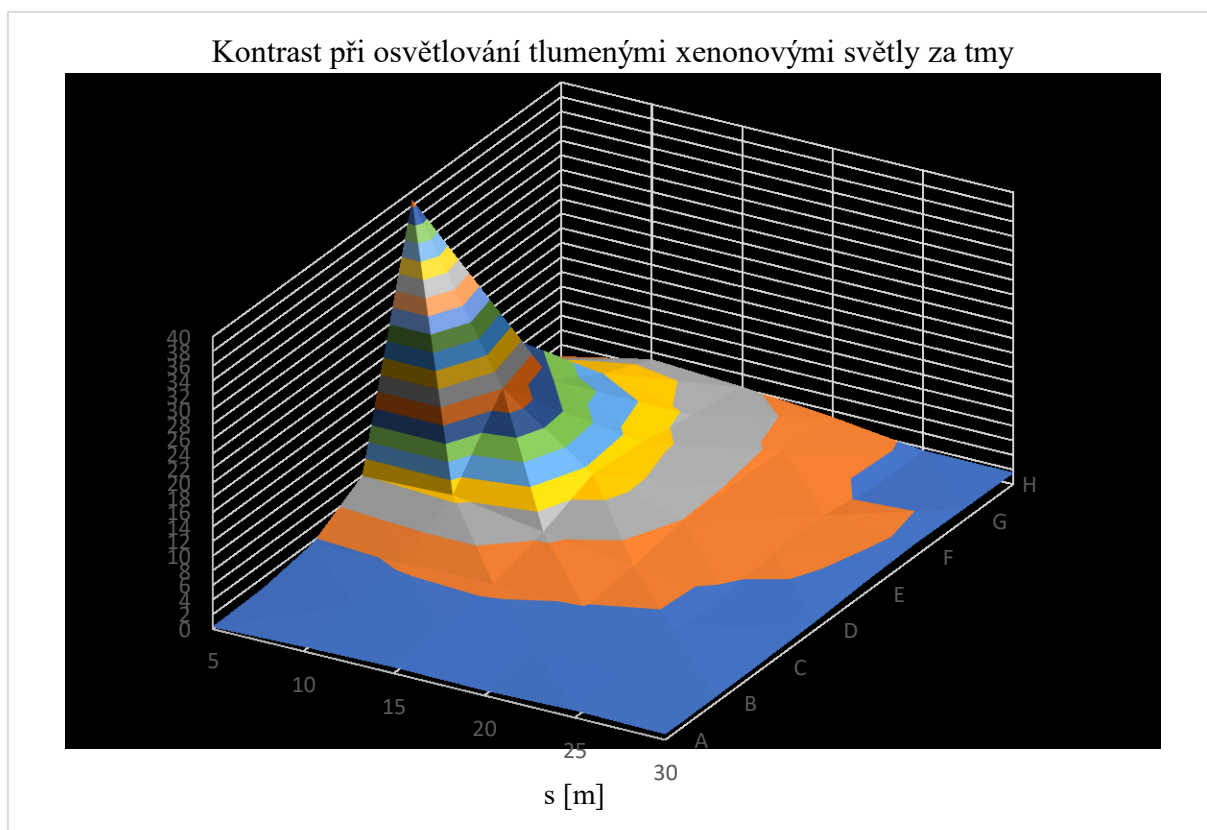
Vypočet jasu překážky (chodec)

$$L_{chodec} = \frac{E_v \cdot \rho}{\pi} = \frac{13,75 \cdot 0,2}{3,14} = 0,875352 \frac{cd}{m^2} \quad (5)$$

Výpočet kontrastu

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} = \frac{|0,875352 - 0,022|}{0,022} = 38,7887 \quad (6)$$

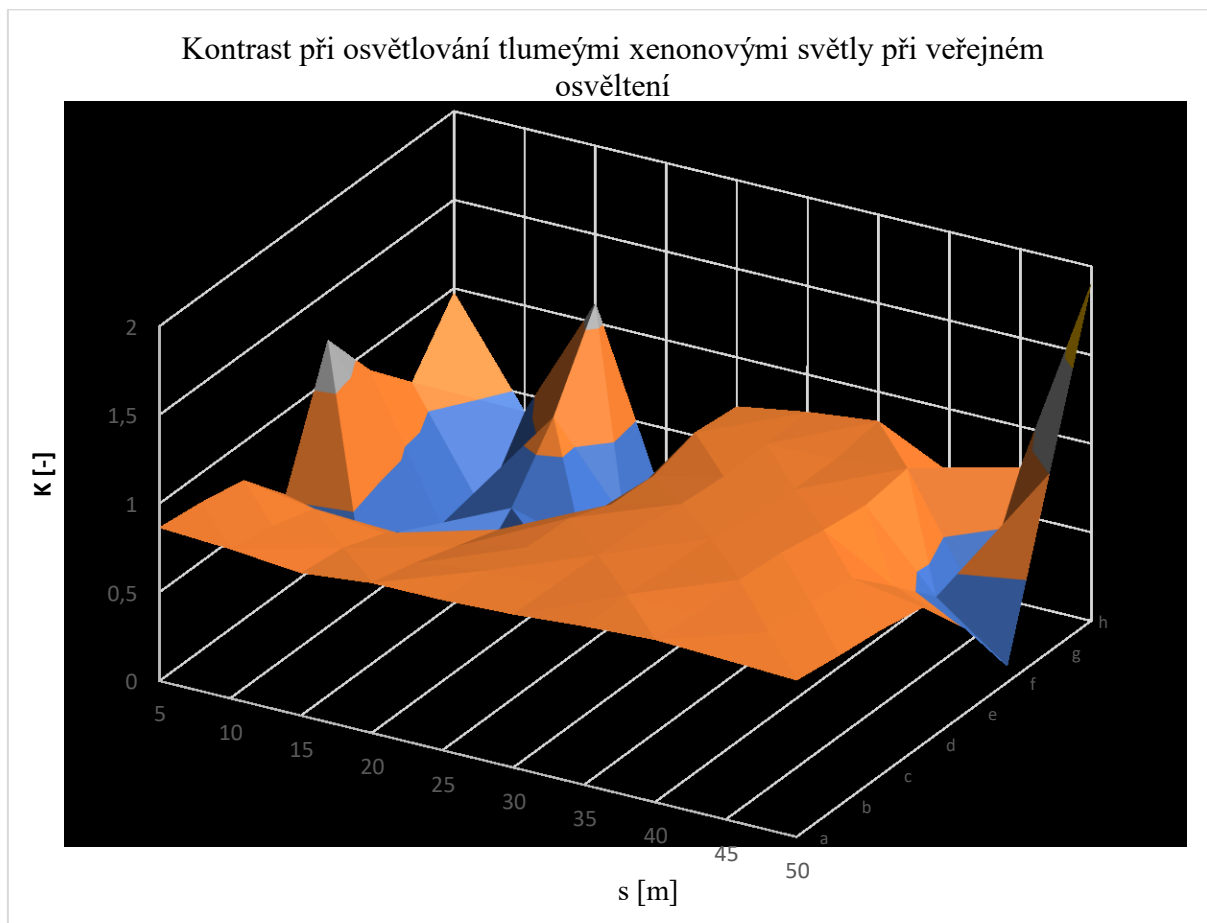
6.1 Kontrast překážky osvětlované tlumenými xenonovými světly vůči pozadí za tmy



Obrázek 22: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými xenonovými světly za tmy

Tento graf znázorňuje kontrast překážky na komunikaci vůči pozadí. Překážka je osvětlována tlumenými xenonovými světlomety vozidla při vypnutém veřejném osvětlení. Chodce, který se bude pohybovat při krajnici (bod F) nebo se dostane ke středu vozovky ve směru jízdy automobilu (Bod E), dostatečně jej rozeznáme na vzdálenost 30 m. Tato vzdálenost je krajně dostačující jen při rychlosti vozidla do $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a to na suché asfaltové silnici, kde brzdná dráha dosahuje 28 m. Na brzdnou dráhu vozidla má vliv více faktorů např. stav brzd automobilu, dostatečná reakce řidiče na spatření překážky, zkušenosti řidiče. Při vyšší rychlosti, než je $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, nedokážeme při tlumených světlech zareagovat na překážku a bezpečně zastavit. Pro zvýšení bezpečnosti je v noci potřeba, aby chodci používali reflexní materiály, na které dokáží řidiče rychleji zareagovat a tím předejít nehodě.

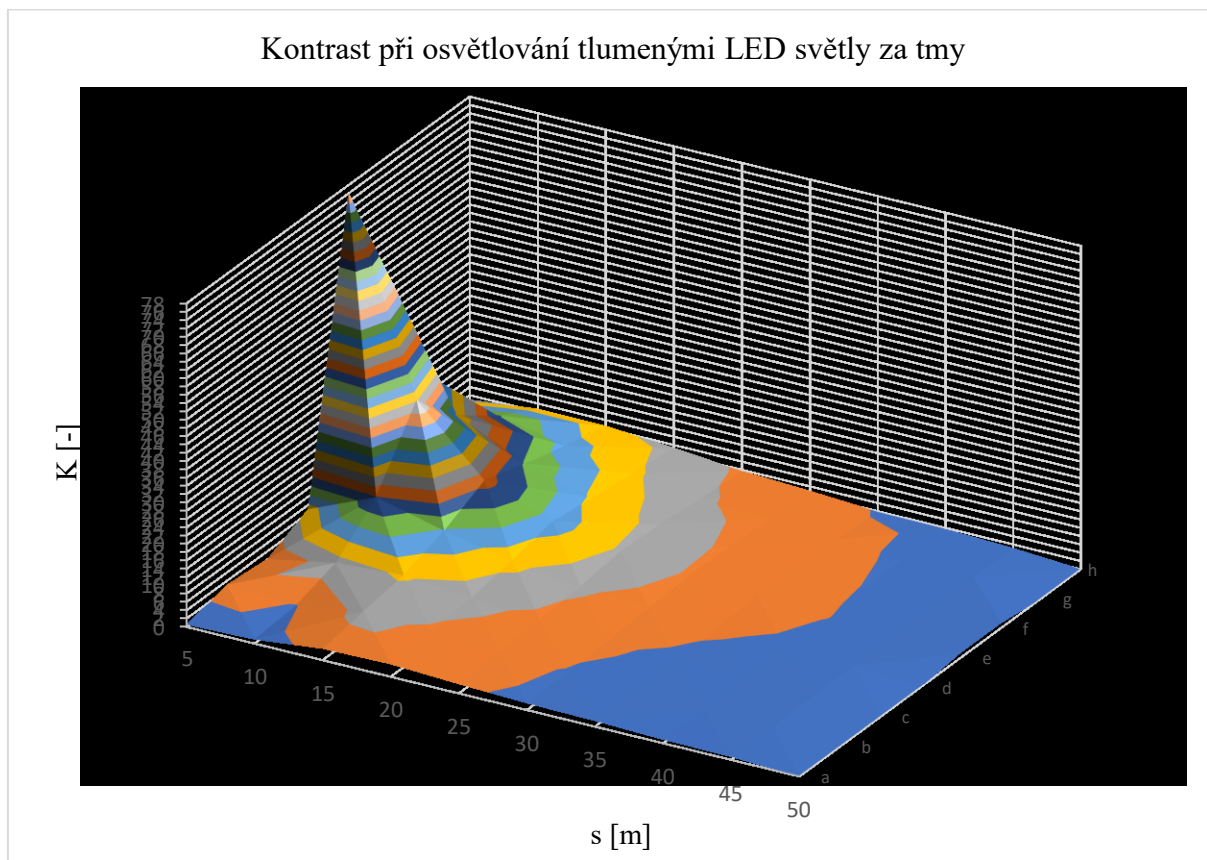
6.2 Kontrast překážky osvětlované tlumenými xenonovými světly vůči pozadí za VO



Obrázek 23: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými xenonovými světly při VO

Tento graf znázorňuje kontrast překážky (chodce) na komunikaci vůči pozadí, které je osvětlováno tlumenými xenonovými světly při zapnutém veřejném osvětlení. Svítidla veřejného osvětlení jsou ve vzdálenosti 9 m a 41 m od vozidla. Na měřeném úseku jsme zjistili, že kontrast se výrazně nepříznivě změní při začínajícím osvětlování plochy veřejným osvětlením. Chodec, který bude stát při krajnici (Bod F) jízdního pruhu, bude v 10 m ($K = 0,1086$) nebo 50 m ($K = 0,0934$) splývat s okolním prostředím a nedokážeme jej zřetelně rozeznat, což může způsobit fatální následky. V oblasti od bodu A-C je kontrast v celé délce v rozmezí $K = 0,75-0,9$.

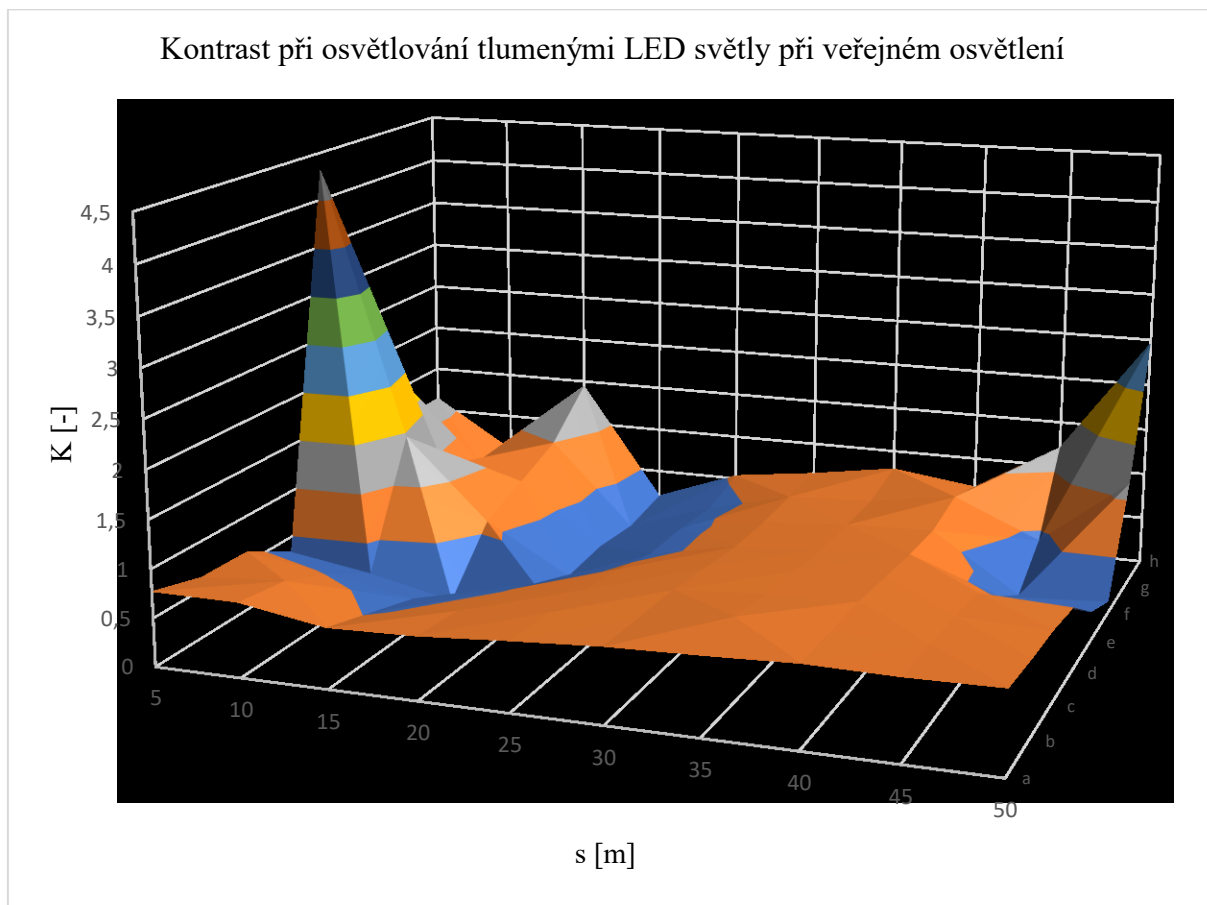
6.3 Kontrast překážky osvětlované tlumenými LED světly vůči pozadí za tmy



Obrázek 24: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými LED světly za tmy

Tento graf znázorňuje kontrast chodce na komunikaci vůči pozadí. Překážka je osvětlována tlumenými LED světly vozidla při vypnutém veřejném osvětlení. Modrá část grafu znázorňuje oblast, ve které řidič nedokáže rozeznat překážku na komunikaci. Oranžová barva znázorňuje oblast, ve které dokážeme překážku už rozeznat. Plocha dosahuje v nejdůležitější části komunikace pro řidiče, což je jízdní pruh a krajnice ve které se pohybují chodci vzdálenosti 40 m. Na tuto vzdálenost dokáže řidič bezpečně zastavit vozidla z rychlosti $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na suché asfaltové silnici, kde brzdná dráha dosahuje 37 m. Při vyšší rychlosti, než je $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, nedokážeme při tlumených světelných zareagovat na překážku a bezpečně zastavit.

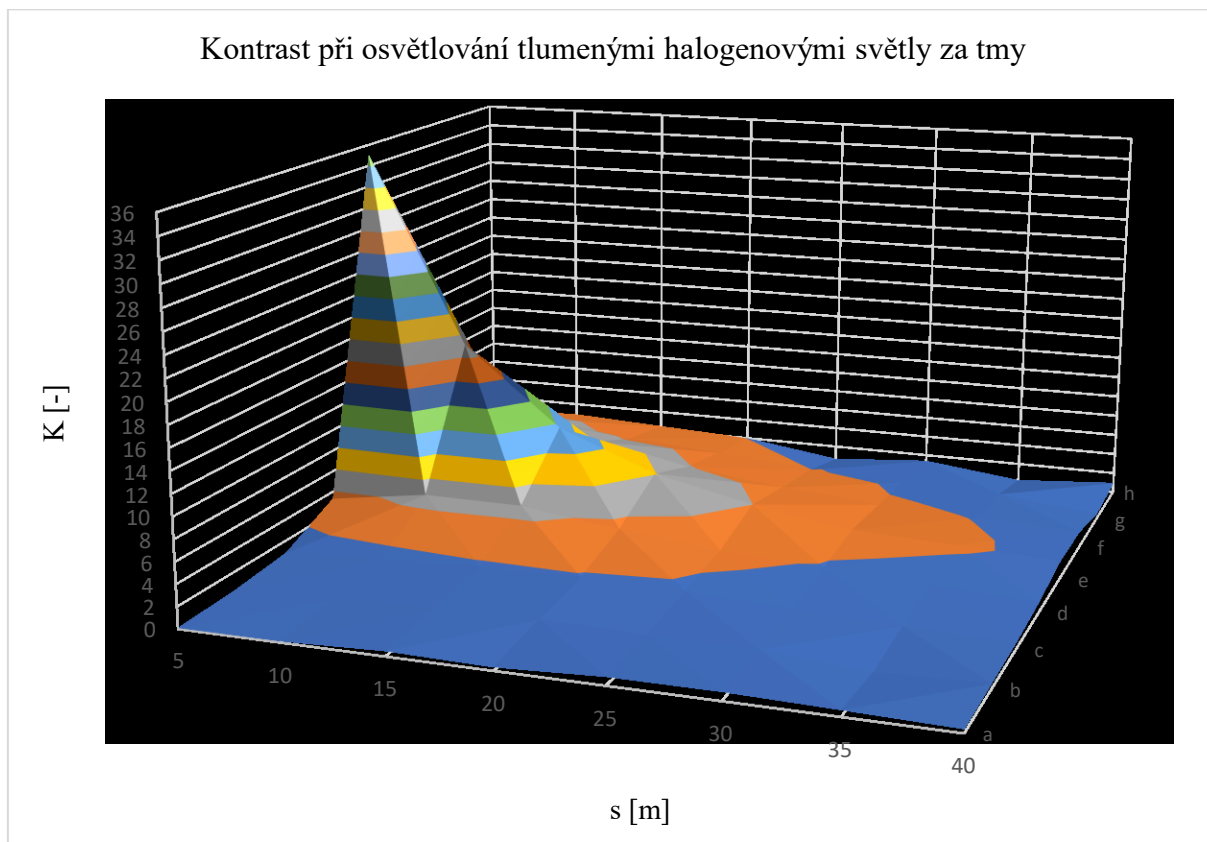
6.4 Kontrast překážky osvětlované tlumenými LED světly vůči pozadí při VO



Obrázek 25: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými LED světly při VO

Tento graf znázorňuje kontrast překážky (chodce) na komunikaci vůči pozadí, které je osvětlováno tlumenými LED světly při zapnutém veřejném osvětlení. Svítidla veřejného osvětlení jsou ve vzdálenosti 9 m a 41 m od vozidla. Na měřeném úseku jsme zjistili stejný problém jako na grafu č. 23. Kontrast se výrazně mění při začínajícím osvětlování komunikace svítidly veřejného osvětlení. Oblast nízkého kontrastu nedosahuje takové plochy jako při xenonových světlech, ale nejnižší hodnoty jsou rovněž kritické. Při krajnici jízdního pruhu ve 20 m je $K = 0,1393$ a ve 45 m $K = 0,0932$.

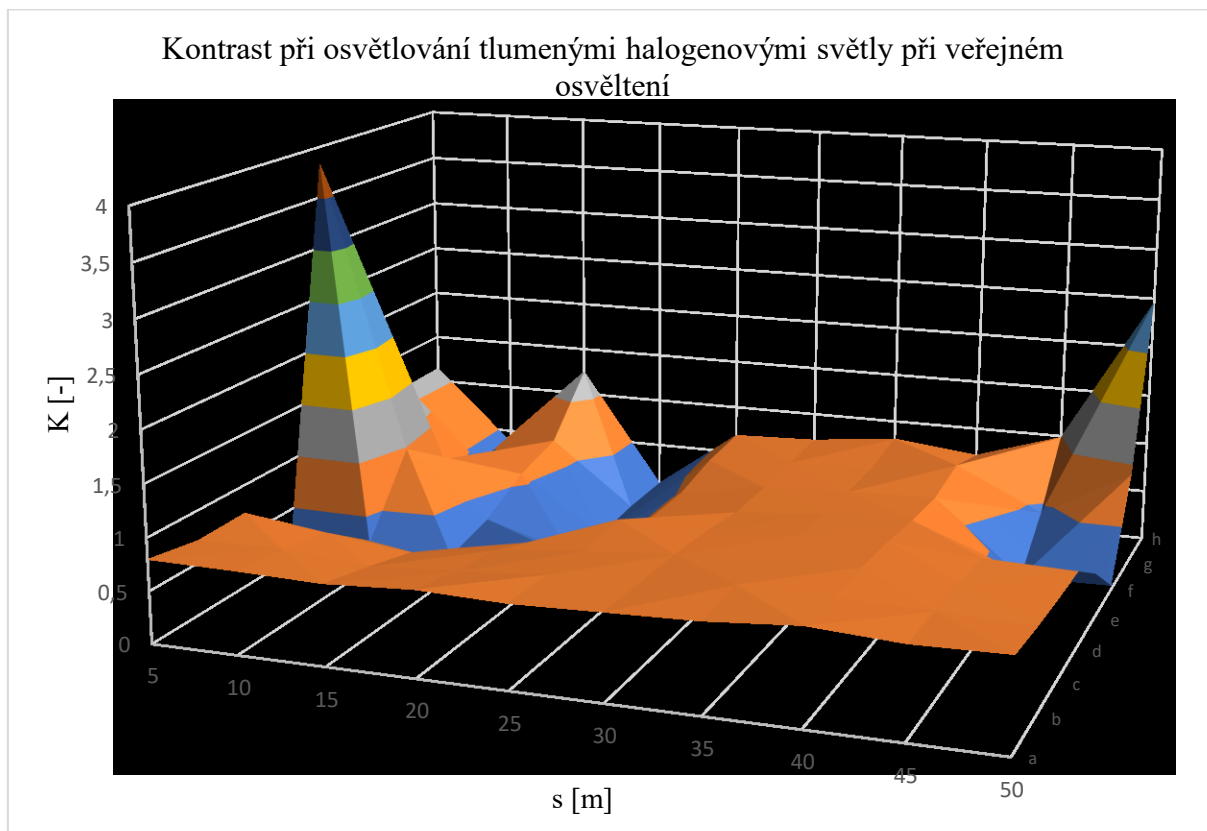
6.5 Kontrast překážky osvětlované tlumenými halogenovými světly vůči pozadí za tmy



Obrázek 26: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými halogenovými světly za tmy

Tento graf znázorňuje kontrast překážky na komunikaci vůči pozadí. Překážka je osvětlována tlumenými halogenovými světly vozidla při vypnutém veřejném osvětlení. Modrá část grafu znázorňuje oblast, ve které řidič nedokáže rozeznat překážku na komunikaci. Oranžová barva znázorňuje plochu, ve které jsme schopni překážku rozeznat. Tato plocha je oproti jiným světlometům výrazně užší a se vzrůstající vzdáleností se výrazně zužuje. V maximální vzdálenosti přes 35 m je kontrast dostačující jen ve středu vozovky jízdního pruhu vozidla $K = 2,212$. při krajnici je dostačující kontrast do necelých 35 m.

6.6 Kontrast překážky osvětlované tlumenými halogenovými světly vůči pozadí při VO



Obrázek 27: Graf kontrastu při osvětlování tlumenými halogenovými světly při VO

Tento graf znázorňuje kontrast překážky (chodce) na komunikaci vůči pozadí, které je osvětlováno tlumenými halogenovými světly při zapnutém veřejném osvětlení. Svítidla veřejného osvětlení jsou ve vzdálenosti 9 m a 41 m od vozidla. Na měřeném úseku jsme zjistili stejný problém jako na grafu č. 23 a 25. Kontrast se výrazně mění při začínajícím osvětlování komunikace svítidly veřejného osvětlení. Při krajnici jízdního pruhu ve 20 m je $K = 0,0012$ a ve 45 m $K = 0,0383$. Ve středu vozovky je kontrast od 25 m přibližně shodný a pohybuje se v rozmezí $K = 0,5 - 0,7$, ale nejnižší hodnota je ve 20 m od vozidla $K = 0,0824$. V oblasti od bodu A-C je kontrast v celé délce v rozmezí $K = 0,7 - 0,8$.

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo otestovat viditelnost chodců na komunikacích s veřejným osvětlením a bez veřejného osvětlení. Pro měření byly použity tři vozidla s různými druhy světel (Xenon, LED, Halogen).

V teoretické části jsem popsal vlastnosti zdrojů, které se používají pro veřejné osvětlení a rovněž zdroje, které se použily ve světlometech automobilů pro měření praktické části. V další kapitole je rozebrána reakční doba řidiče a vliv počasí na brzdnou dráhu vozidla.

V praktické části jsem z naměřených hodnot vypracoval grafy, které jsou uvedeny na stránkách č. 29-34. Měřením jsme zjistili, že tlumená xenonová světla bez veřejného osvětlení dokážou osvětlit překážku při krajnici ve směru vozidla (bod F) do vzdálenosti 30 m. Na takovou vzdálenost dokáže řidič bezpečně zastavit vozidla jen na suché asfaltové vozovce do rychlosti $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Tlumená halogenová i LED světla automobilu bez veřejného osvětlení, osvětlí překážku na vzdálenost 40 m. Toto je sice nárůst o 10 m oproti xenonovým světlům, ale přesto je to velmi nedostačující hodnota. Na takovou vzdálenost řidič bezpečně zastaví na asfaltové vozovce do rychlosti $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Což, je nárůst o $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ oproti xenonům.

Další měření probíhalo na komunikaci při zapnutém veřejném osvětlení. Při kombinaci VO a LED nebo halogenových světlometů, bylo zjištěno, že překážka při krajnici ve směru vozidla je osvětlena nad hodnotu 1 lx v celé délce měřeného úseku. V kombinaci VO a xenonových světlometů, tato podmínka nebyla splněna ve vzdálenosti od 30-40 m. Pro dosažení nápravy je možností zmenšení vzdálenosti mezi svítidly VO, nebo výměna za jiné svítidlo s upravenou křivkou svítivosti pro daný úsek. Hodnoty změřených vertikálních osvětlenosti jednotlivých světlometů jsou uvedeny v příloze č.1.

Pro výpočet kontrastu jsem použil změřené hodnoty z přílohy č.1 a následně vypočítal jas chodce podle vzorce 5 a posléze kontrast jednotlivých světlometů dle vzorce 6. Zpracované grafy kontrastu jsou uvedeny na stránkách č. 36-41. Vyhovující kontrast překážky při krajnici ve směru vozidla je při tlumených LED nebo halogenových světlech do vzdálenosti 40 m. U xenonových tlumených světel vyhovuje kontrast do 30 m.

Při kombinaci jednotlivých tlumených světel vozidel s VO poklesne kontrast překážky před každým svítidlem VO na nevyhovující hodnotu, která může zapříčinit nehodu. Nejhorší případ je kombinace tlumených halogenových světel s VO. Překážka umístěna při krajnici ve směru jízdy ve vzdálenosti 20 m od vozidla bude mít kontrast $K = 0,0012$, nebo ve 45 m $K = 0,0383$. V těchto místech budou překážky splývat s pozadím a bude těžké ji rozeznat.

Za hlavní přínos této práce bych považoval, porovnání vertikálních osvětlenosti jednotlivých typu světlometů a zjištění na jaké vzdálenosti jsou schopny dostatečně osvětlit chodce na komunikacích, aby řidič mohl bezpečně zasáhnout. Rovněž zjištění jasových poměrů chodců vůči pozadí.

Pro další vývoj této problematiky, bych realizoval obdobné měření, které by zahrnovalo větší počet vozidel se stejnými typy světlometů. Toto měření by mohlo následně prokázat, který typ z dosud používaných automobilových světlometů je nejvhodnější pro budoucí používání.

Literatura:

- [1] *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9. Kolektivní monografie. České vysoké učení technické v Praze.
- [2] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [3] Veřejné osvětlení, *Světloblog* [online]. [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: <http://www.svetloblog.cz/index.php?svetlo=verejne-osvetleni>
- [4] Reakční doba řidiče, *Art metal* [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: http://artmetal-cz.com/p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ky/osv%C4%9Btlov%C3%A1n%C3%AD%20p%C5%99ec%20hod%C5%AF%20pro%20chodce/Reak%C4%8Dn%C3%AD%20doba%20%C5%99idi%C4%8De_PLCH.pdf
- [5] *Centrum služeb pro silniční dopravu* [online]. [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: https://www.cspsd.cz/storage/files/vzdalenost_mezi_vozidly.pdf
- [6] Reakční doba řidiče, *Nehoda* [online]. 2013 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <http://www.nehoda.eu/?p=167>
- [7] SOKANSKÝ, Karel. Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v ČR, *Česká společnost pro osvětlování* [online]. 2007 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: http://www.csorsostrava.cz/publikace/Potencial_energetickych_uspor_VO_v_CR.pdf
- [8] Co je to LED dioda? *Světlosvětla* [online]. [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <http://www.svetlosvetla.cz/co-je-to-led-dioda.html>
- [9] Víte, jak funguje LED a OLED dioda? *Proelektrotechniky* [online]. 2013 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/15.php>
- [10] *Kurz osvětlovací techniky XXXI: 22. září - 24. září 2014, hotel Dlouhé stráně, Loučná nad Desnou*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3553-2. Sborníky konferencí. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [11] *Kurz osvětlovací techniky XXXIII: 2. října - 4. října 2017, hotel Dlouhé Stráně, Loučná nad Desnou*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2017. ISBN 978-80-248-4105-2. Sborníky konferencí. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [12] Snížená viditelnost, *Nehodou to začíná* [online]. 2017 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <http://www.nehodoutozacina.cz/snizena-viditelnost/>
- [13] Reflexní a fluorescenční materiály zvyšující bezpečnost na silnicích, *Bezpečné cesty* [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/dopravni-vychova/dopravni-vychova-ve-skolach/chodec/reflexni-a-fluorescencni-materialy-zvysuji-bezpecnost-na-silnicich>
- [14] Viditelnost chodců, *Bezpečné cesty* [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/dopravni-vychova/dopravni-vychova-ve-skolach/chodec/viditelnost-chodcu>

- [15] *Vidět a být viděn* [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.videt-a-byt-viden.cz/chodci>
- [16] *Dobré světlo* [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <http://www.dobre-svetlo.cz/barvy.php>
- [17] *Wallhere* [online]. 2017 [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <https://wallhere.com/cs/wallpaper/402482>
- [18] *Fallow Fields* [online]. 2016 [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <http://fallowfields.blogspot.com/2016/07/vr-ux.html>
- [19] *Světlo* [online]. 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz//flipviewer/Svetlo/2019/02/Svetlo_02_2019/index.html#p=41

Seznam příloh

K práci jsou v elektronické podobě přiloženy přílohy ve formátu PDF.

- Příloha_1 - Přírůstky tlumených světlometů vozidel za tmy a při VO
- Příloha_2 - Jasové poměry překážek vůči pozadí